

器具メーカー、デザイナー、建築士、施工者、施設管理者向け

LEDとLED照明の使いこなしのポイント

2012 年 3 月

LED照明推進協議会

はじめに

ＬＥＤ照明推進協議会（ＪＬＥＤＳ）では、２００４年６月の結成以来、鋭意ＬＥＤ照明の普及に努めてまいりましたが、近年に至り、省エネと温室効果ガス削減の観点から改めてＬＥＤ照明に対する社会的な評価が高まり、各方面での導入が急速に進みだしたことは誠に喜ばしい限りであります。

ＬＥＤ照明は長寿命・高効率などの優れた性能を持っていますが、新たな光源であるために、正しい使い方の理解が十分には進んでいないことなどが原因となって、設計・施工や使用の際に誤った使い方をされる例が散見されて参りました。もし、このような状態をこのまま放置しておくならば、ＬＥＤ照明に対する評価が低下し、ひいては今後の普及にも悪影響を及ぼすことになりかねないと危惧されます。

そこでこの度、ＪＬＥＤＳ技術・標準化推進委員会では、ＬＥＤ照明の設計・施工・使用に関する理解を深め、誤った使い方を未然に防止するための手引きとして「ＬＥＤとＬＥＤ照明の使いこなしのポイント」を作成し公開することと致しました。

この手引きは、器具メーカー、照明デザイナー、建築士、施工者及び施設管理者に至る各分野の専門家の方々を対象としたもので、今までＬＥＤ照明を扱った経験のない方にもご理解いただけるよう、分かりやすい解説を念頭に編集を致しました。

全体の構成は、始めにＬＥＤ照明の項目別の特長と留意点を述べ、次に項目別の事例と関係法令規格番号の一覧を示し、最後にＬＥＤ照明の基礎知識として重要な項目について説明を加えました。

この手引きで取り上げた個々の事例はＪＬＥＤＳ会員企業からの提案に基づいてまとめたものであり、また、解説の項はＬＥＤ照明の特長だけでなく留意点についてもかなり踏み込んで説明を加えた内容となっています。

この手引きがご利用いただく方々のお役に立つことを念じると共に、情報提供等のご協力をいただきました会員企業各位に感謝申し上げます。代えさせていただきます。

— 目 次 —

第1章 LEDとLED照明の特長と留意点

1. 長寿命	4
2. 高効率	4
3. 小型・軽量	5
4. 点光源	5
5. 点灯が早い	5
6. 多様な光色が得られる	6
7. 割れない、振動・衝撃に強い	6
8. 可視光以外の放射が少ない	6
9. 環境に有害な物質を使っていない	7

第2章 こんなことが起こらないように

事例 No. 1 静電気	9
事例 No. 2 湿気	10
事例 No. 3 発熱	11
事例 No. 4 電源誤接続	13
事例 No. 5 埋め込み設置・高所設置	14
事例 No. 6 街路灯のメンテナンス	15
事例 No. 7 落雷	16
事例 No. 8 パイロットランプ付きスイッチ	17
事例 No. 9 電球形LEDランプと調光器	18
事例 No. 10 直管形LEDランプ	19
事例 No. 11 点滅	20
事例 No. 12 発光色のシフト	21
事例 No. 13 色バラツキ	22

第3章 設計・施工の関係規格・法令リスト

1. 器具設計関連	
1. 1 設計（性能、安全性）に関する規格・試験方法	24
1. 2 信頼性（環境、耐久性）に関する規格・試験方法	26
2. 施工関連	
2. 1 照明計画	28
2. 2 設置・工事	28

第4章 知ってて得するLED照明基礎知識

【照明基礎知識1】 「表示」と「照明」の違い	30
【照明基礎知識2】 光のスペクトルが色を左右する	31
【照明基礎知識3】 演色性と演色評価数	32
【照明基礎知識4】 照明用LEDの構造	32
【照明基礎知識5】 白色LEDの方式	33
【照明基礎知識6】 可視光の波長の範囲は	35
【照明基礎知識7】 照明用LEDの光にはこんな特長もあります	35
【照明基礎知識8】 LED照明の光出力は、ワットか？ ルーメンか？	36
【照明基礎知識9】 配光の違いにご注意！	36
【照明基礎知識10】 LED照明のEMC（電磁両立性）	37
【照明基礎知識11】 JIS規格とLED照明	38
【照明基礎知識12】 電気用品安全法とLED照明	39

参考Webサイト一覧	40
------------	----

索引	41
----	----

第1章 LEDとLED照明の特長と留意点

LEDは半導体を材料として作られた新しい光源であり、図1に示すように発光の仕組みが従来の白熱電球や蛍光ランプとは大きく異なります。

そのため、LEDを使った照明器具は従来の光源を使った照明器具にはない多くの特徴を持っています。LED照明を使いこなすには、その性質をよく理解し弱点をカバーしながら特長を引き出してやることが大切です。

この章ではLEDを光源として使用する際、又はLEDを光源とする照明器具を設計、施工する際に、信頼性や安全性の面で配慮しなければならない留意点について、その特長と対応付けながら説明します。

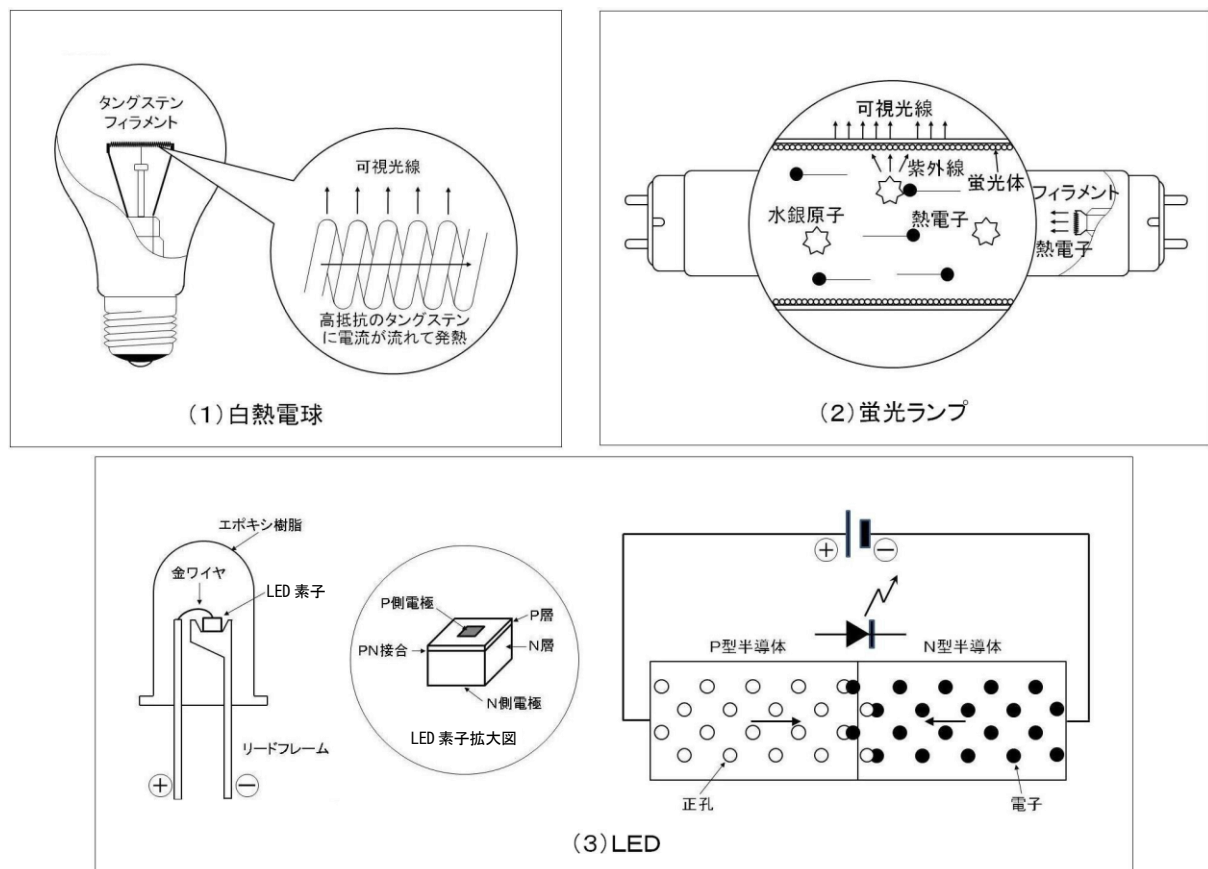


図1. 白熱電球・蛍光ランプとLEDの発光の仕組み比較

1. 長寿命

個々の製品の寿命はバラツキがあるため一定ではありませんが、製品の代表値としての寿命である公称寿命（定格寿命又は設計寿命ということもある）を以下では寿命と呼ぶことにします。

LEDは他の光源と比較して長寿命であるという特長があります。これに対し、従来からある光源の寿命はあまり長くはありません。例えば、白熱電球の多くは1,000～2,000時間の寿命しかありません。発光源であるタングステンフィラメントが高温のため次第に蒸発しやせ細って断線に至るためです。また、蛍光ランプの寿命は、種類により異なりますが、およそ6,000～15,000時間です。蛍光ランプの寿命には、不点灯寿命と光束維持寿命（光束が初期値に比べて一定値、例えば70%に低下する時間）の2つがあります。不点灯は電極に塗布された電子放射物質が点灯中に消耗することで、また光量低下は水銀蒸気がガラス中のナトリウムと反応して黒色の付着物となることで起こります。

一方、LEDを所定の素子温度以下になるようにして使用すると、寿命は2万時間～5万時間といわれており、10万時間をうたった製品も出ています。LEDには白熱電球や蛍光ランプのように高温となるフィラメントがなく、蒸発して消耗する材料は使用していません。このために、これら従来光源より本質的に寿命が長いのだといわれます。

【留意点】 LEDにも不点灯や光量低下が起こります。不点灯となる主な原因は静電気やサージ電流によるLED素子の劣化やボンディングワイヤの断線であり、その多くは取扱いに気を付ければ防ぐことができるものです。一方、光量低下は封止材やレンズ、パッケージなどの樹脂材料が光と熱で劣化して変色することが主な原因であり、光束が初期値に対し一定以下（例えば初期の50%又は70%）になった時点を光束維持寿命（ L_{50} 又は L_{70} ）と定めています。

樹脂材料の光劣化は高温で加速されるため、80℃～100℃など実用に耐えうるLED素子温度の上限が定められています。一般に電子部品は温度上昇によって寿命が低下しますが、LEDも例外ではありません。特に高出力品では発熱が無視できないためヒートシンクなどで適切に放熱対策を講ずる必要があります。

以上のことから、長寿命であるというLEDの特長を生かすためにはLED照明器具の設計に際しつぎのようなことに気を付けなければなりません。

①LED照明器具の寿命は使用する環境の温度に強く依存します。そのため適切な放熱対策が必要とされます。LED照明器具を施工する際には、使用可能な動作温度の範囲、密閉空間や断熱材を使った箇所、熱源のそばや器具同士の設置間隔などの制約がないかどうか、器具の仕様をよく調べるのが大切です。

②LED照明器具の寿命はLEDの寿命だけでなく、電源回路や配線部品などの寿命によっても左右されます。照明器具の寿命を超えた使用は、これらの部品の絶縁劣化による感電、発熱、発煙・発火などの懸念も予想されます（そのため、LED部分のみの交換ができない構造である場合もあります）。また、LED照明器具も従来の照明器具と同様に、湿度の高い環境で使用した場合には、結露の影響で不具合が生じることも考えられます。

③LED照明器具が長寿命であっても長期間の使用によって透光部が汚れると光出力が低下しますので、定期的に照明器具の清掃を行うことが推奨されます。

なお、LEDを長時間使用していると発光色が変わるという劣化も報告されており、多数設置してある照明器具の一部だけを交換した場合、発光色の差が目立つ恐れがありますので、注意が必要です。

2. 高効率

光源の効率は、投入電力1W当たりの光束（目に見える光の量 単位はルーメン[lm]）で表されます。主な光源では、白熱電球 10～20[lm/W]、水銀ランプ 20～50[lm/W]、蛍光ランプ 60～110[lm/W]、メタルハライドランプ 60～130[lm/W]ですが、現在市販されているLED照明器具の場合はトップレベルで120[lm/W]となり、発光効率では蛍光ランプやメタルハライドランプと並びつづきます。加えて、今までの光源が全方向に光を放出するのに対し、LEDは片側の面だけが発光しておりますので、照明器具に組み込んだ場合、大きな反射板を用いなくとも光が前方へ放出しやすく、それだけ効率の高い器具ができることになります。

現在、様々なメーカーや研究機関において、効率の向上が研究されているため、さらに発光効率が高いLEDに近い将来実現するものと予想されております。

【留意点】 照明器具全体の効率は、主として①光源自体の発光効率 ②電源装置の電力変換効率 ③照明器具効率の3つの要素をそれぞれ乗算して計算されます。従って、光源自体の発光効率が高くても使用する電源の変換効率が低ければ照明器具全体の効率はそれだけ低下しますので、LED照明器具の設計でもこうした点を踏まえておかなければなりません。また、部屋全体や施設の照明を考える場合は、その他に④保守率（汚れや時間経過による明るさの変化を勘案したもの）や⑤照明率（壁や天井からの光の反射や部屋の大きさ、照らす面積を勘案したもの）を考慮しなければなりません。

照明器具の選定に当たっては、効率だけではなく、どのような雰囲気を作るのか、例えば部屋全体を明るくしたいのか局所的に明るくしたいのか、ムードのある落ち着いた部屋か事務所のような活気のある部屋にするのかなど、照明設計の立場から考える必要があります。

3. 小型・軽量

現在、LEDに使われている素子の大きさは0.3～1mm角程度です。素子を実装したパッケージには様々なものがありますが、大きいものでも10mm程度と非常に小型で、重さも数グラムと軽量です。

【留意点】 LEDは1個の光量が少ないために全体の光量を白熱電球や蛍光灯などの従来光源と同じにするためには、複数個を並べなければなりません。例として、32Wの蛍光灯1本の光量をLEDで実現するには、1WクラスのLEDで30～40個、0.1WクラスのLEDでは300～400個程度を必要とします。また、蛍光灯は全体が一様に光りますが、LEDは発光面の小さなLED素子の周辺だけしか光らないため輝度が高く、照明として使う場合はまぶしさ（グレア）を低減するために拡散板等を使用して光を拡散させるなどの工夫が必要な場合があります。

また、白熱電球や蛍光灯と発光の仕組み（図1参照）が本質的に異なっているLEDは、温度が高くなると発光効率が低下し寿命も短くなります。そのため、一般にLED照明器具ではLEDから発生する熱を効率よく放散させるために、例えばアルミやアルミ合金などの熱伝導性の良い部材で作られた放熱構造を必要とします。LED全体が消費する電力が大きくなると、放熱のための構造も大型化し重くなります。

このように、LED自体は小型軽量であるものの、以上のような理由により照明器具にした場合は必ずしも小型軽量になるとは限りませんので、総合的な設計での配慮が必要です。

4. 点光源

現在、LEDに使われている素子の大きさは、前記のように0.3～1mm角程度と非常に小さく、またパッケージに素子を組み込んだLEDでも大きいもので10mm程度しかないので、基本的に点光源として扱うことができます。

【留意点】 表示用途と異なり照明用途では、注意しなければならない場合があります。前述したまぶしさ（グレア）の問題があり、大出力のLEDでは直視すると目に良くない恐れがあります。蛍光体を使った白色LEDは蛍光体層によって発光部分が散乱拡大されるため輝度が下がりますが、RGBの単色LED素子を組み合わせた白色LEDは微小な素子だけが光っていますので、それだけ輝度が高く、より注意が必要です（白色LEDの構造については後の第4章を参照のこと）。また、レンズで集光した場合も輝点が絞られますから同様に注意が必要です。

この問題を改善するには器具に光を散乱させる透光カバーをつけるなどの方法がありますが、外に取り出せる光束が減衰しますので、その分を考慮した設計が必要です。なお、光を広げるためレンズを使うと色収差によって色ムラが生じる場合があります、用途によっては気をつけなければなりません。

5. 点灯が早い

一般にLEDは応答速度が速いため（InGaN系で100ns以下）、電源スイッチを入れると同時に明るくなるほか、速いスピードで点滅させて使用したりすることができます。

【留意点】 電源回路を含めたLED照明器具では、電源部の応答性能によって制約を受けます。また、電源回路は、回路方式によって点滅動作には適合しない場合がありますので、用途に応じた設計上の配慮が必要です。

6. 多様な光色が得られる

LEDは素子を構成する化合物半導体の違いにより、様々な光色を出すことができます。例えば、InGaIn系は青色～緑色、AlGaInP系は黄緑色～赤色といった具合です。これらの内、光の三原色である赤緑青（RGB）を組み合わせれば、個々の光量バランスを制御することで白色光を始め様々な色を作ることができます。また、青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせた白色LEDでは、補色である両方の光を合成して白色光を得ることができます。

【留意点】 LEDは、素子を構成する化合物の組成比や内部構造の製造バラツキによって、発光色がバラツキます。さらにRGBLEDでは、それに加えてそれぞれの素子の光出力のバラツキによって、合成される発光色が変わってしまいます。また青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせた白色LEDでは、LED素子の発光色のほか、蛍光体層の蛍光体濃度及び厚さのバラツキによって、やはり白色光の色バラツキが発生します。

一般にLEDメーカーではこれらの色バラツキを少なくするため、素子製造工程での管理強化、出来上がった素子の波長選別、蛍光体注入工程の改善、LEDの色選別・ランク分けなどの対策をとっています。しかしながら、それでもある程度のバラツキはどうしても生じてしまいますので、複数のLEDを並べて使用する場合は気を付ける必要があります。

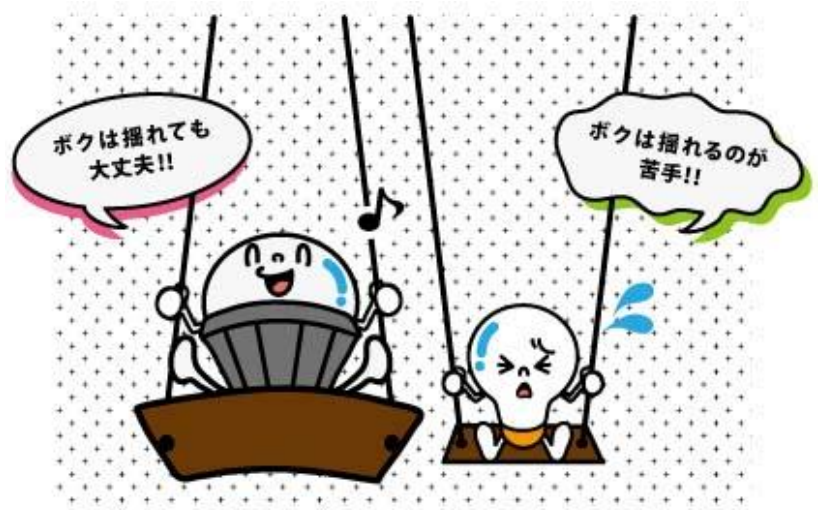
この他、温度や電流によってもLED素子の発光色は変化します。変化の仕方は素子の種類によって異なりますので、RGBLEDでは温度や電流を変えると色バランスが変化します。白色LEDでは、LED素子と蛍光体の発光効率の温度変化が異なるため、それによって色変化が生じます。また光の放射角によって実質的な蛍光体層の厚さが異なるため白色光の色が変わる場合があります。

7. 割れない、振動・衝撃に強い

構造上、既存光源（蛍光灯、白熱電球）は、いずれもガラス管を使用しており、振動や衝撃に弱いという欠点があります。それに対し、一般にLEDは割れやすい材料を使用しておりませんので、振動や衝撃に強い特長があります。

【留意点】 LED照明器具を使う場合は、光学部品や透光カバーなどに割れやすい材料を使用している商品もありますので確認が必要です。

なお、表面実装用のLEDでは柔らかいシリコン樹脂でモールドしたものが主流となっており、モールド樹脂に圧力を加えると内部のボンディングワイヤ（図7参照）が断線して不点灯になる場合があるので、器具の設計・製造では気を付ける必要があります。



8. 可視光以外の放射が少ない

可視光は紫外放射（以下、紫外線という）と、赤外放射（以下、赤外線という）の間に挟まれた360nm～830nm（※照明基礎知識6参照）の波長の電磁波のことをいい、この範囲の波長の電磁波が人間の目に入って来た時に、色として認識されるのが光です。

蛍光灯は紫外線を蛍光体で白色光に変換させていますので、外部に紫外線が漏れてくる可能性があります。一方、LEDは照明基礎知識5に示す様々な方法で光を合成して白色光を作っていますが、いずれも紫外線は利用していませんので、その心配はありません。

また、LEDは赤外放射も少ないという特長を持ちます。次の表1は、白熱電球、蛍光灯、LEDに注入された電気エネルギーがどのようなエネルギーに変換されるのかを示したものです。白熱電球の可視光へのエネルギー変換率は10%と低く、ほとんどが赤外放射で失われます。一方、LEDは可視光へ

のエネルギー変換率が20～30%もあり、LED自体からの赤外放射はほとんどなく、残りのエネルギーのほぼすべてが自己発熱になります。

【留意点】 白熱電球は構造的に耐熱性の高い材料で作られているため放熱対策はとくに必要とされません。しかしLEDにはプラスチックなど耐熱性の低い材料が使われています。またLEDは1で述べたように寿命を確保するためには定められた温度範囲で動作させなければならないほか、LEDを駆動するための電子回路も温度上昇に注意する必要があります。そのため、LED照明器具の設計ではLED実装における放熱対策とともに器具からの放熱も考慮した設計が必須です。また、施工においてもLED照明器具の温度が上昇しないよう、取扱説明書や施工マニュアルなどの指示に従った工事がポイントになります。

		白熱電球	蛍光ランプ	LED
	エネルギー変換率 (可視光)	～10%	20～30%	20～30%
	熱損失 (遠赤外放射含む)	～20%	40～50%	70～80%
	赤外放射	～70%	～30%	～0%
特徴	耐熱性	大	中～大	小
	放熱対策	不要	不要～必要	必要(重要)

表1. 白熱電球、蛍光ランプ、LEDのエネルギー変換率の比較

9. 環境に有害な物質を使っていない

既存光源の蛍光ランプは水銀を使用していますが、化合物半導体から作られているLEDは水銀を含まないため、環境保全に有効です。白色LEDを作るための蛍光体にも有害な物質を含まないものが使用されています。

【留意点】 赤色のLEDなどでGaAs基板を使ったものがあり、廃棄の際には専門の廃棄物処理業者に依頼するなどの配慮が必要ですが、最近ではGaAs材料などを使わない代替技術の開発もすすめられており、いっそうの改善が期待されています。

【参考】 LEDの発光波長と主な化合物半導体の種類を表2に示します。

発光波長	化合物半導体の材料
630nm赤色 (可視光)	AlGaInP
530nm緑色 (可視光)	InGaAsN
460nm青色 (可視光)	InGaAsN

表2. LEDの発光波長と使用される化合物半導体

第2章 こんなことが起こらないように

この章では、現場で起こり得る出来事を代表的な事例別にまとめました。一つの事例について、それがどのような状況で起こり得るのか、いくつかのケース毎に取り上げ、その原因について、器具メーカー、デザイナー、施工者、施設管理者の各対象者別に解説を加えました。また、それぞれの事例に対して必要と思われる対策例を、器具の製造者側と使用者側に分けて示し、下段には、それぞれの事例と関連する規格を例示しました。

なお、ここに示された事例は一例であって、あらゆる事例に対応するものではなく、また本章の内容は問題の解決を保証するものではありません。本章の内容に沿って対策措置等を講じられる際には、必要に応じて、LEDメーカー側もしくはデザイナー・施工者・施設管理者側との十分な協議を行った上でご検討ください。



※本章記載の規格・法令は、2011年12月21日現在のもの

事例 No. 1 静電気

現象 不点灯

原因 静電気破壊

状況

工事業者が照明器具を設置し、点灯確認を行ったが、不点灯が発生した。照明器具メーカーで分解調査を行った結果、原因はLEDの静電気破壊と判明した。



<静電気発生電圧の具体例>

発生する静電気の電圧は、表に一例を示す様に、湿度に影響されるが、簡単に数KV～30KV程度に達する。

表3. 作業者に対する静電気の電圧測定の一例

相対湿度	10～20%	65～90%
カーペット上歩行	35.0kV	1.5 kV
ビニール製床歩行	12.0kV	0.25kV
作業台近くの作業者	6.0kV	0.1 kV

解説（主な対象：施工者）

蛍光灯ランプなど従来の管球光源では、一般に静電気による故障は考慮されて来なかった。しかし、これらと異なり、LED照明に使われている照明用LED素子は精密で複雑な内部構造をした半導体であり静電気に対しては弱いので、器具の製造にあたっては従来光源になかった配慮が必要になってくる。

通常、LED照明の製造工程では各種の帯電防止処置が施されており、またLED自身も静電気サージを吸収する保護素子が内蔵されるなどの防護処置がなされているので、照明器具として製品になった段階では実用上問題はない。

しかし、輸送途上での梱包パッキンの摩擦や設置工事時の作業者の動作などによって静電気は容易に発生するから（表3参照）、静電気サージ対策をしたLED照明器具であっても耐量を超えるサージが印加された場合は、破壊に至る恐れがある。

従って、静電気は極力発生させない、入力端子に静電気を加えない（身体が帯電した状態で触ったりしない）等、取扱いには一定の配慮を払っておくことが望ましい。特に冬場は乾燥して高圧の静電気が発生し易いので気を付ける必要がある。

対策例

【器具メーカー側】

- ・照明器具の低圧端子がむき出しにならない様なコネクタや端子台等を使用する。
- ・生産場所の帯電量の確認と除電対策。（アースバンド、帯電防止剤、イオナイザー、加湿器など）
- ・輸送途上での帯電防止対策（帯電防止パッキンの採用など）

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・照明器具にアース端子がある場合はアース端子を先に接続する。
 - ・照明器具を帯電させない（帯電しやすいビニールシートや絨毯の上に置いたりしないなど）
 - ・入力端子に静電気を加えない。触る場合は工具・人体に帯電した静電気を必ず放電させてから。
- * 気を付けて取扱っても点灯しない場合は初期不良の可能性が考えられるので製造した照明器具メーカーへ相談すること。

関連規格

EIAJ ED-4701/300 : 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅰ）

JIS C 61000-4-2 : 電磁両立性—第4部：試験及び測定技術—第2節：静電気イミュニティ試験

事例 No. 2 湿気

現象 不点灯

原因 湿気による劣化

状況

ケース１：屋外に設置されたコントロールボックスの側面に取り付けたライン形ＬＥＤユニットが、早朝に結露し、ＬＥＤが不点灯となった。コントロールボックスとＬＥＤユニット間の配線穴を通じて外部の空気が流入したことが原因。

ケース２：屋外に設置した店舗向け看板で不点灯発生。看板及びＬＥＤモジュールの防水処理が不十分だったため、雨水と塵埃でＬＥＤモジュールが腐食したことが原因。

▲ また、雨など水滴が直接降りかかる環境で使われる器具の防水仕様については、防塵仕様とともにＩＰコードで分類され、評価試験方法も定められている（ＪＩＳ Ｃ ０９２０：２００３ 電気機械器具の外郭による保護等級）。器具の種類・用途によってはＩＰが指定されているので注意されたい（例えば、道路灯／街路灯は、ＪＩＳ Ｃ ８１０５－２－３ ３．６．１ａ）で「ＩＰ×３以上」と規定されている）

以上述べたように、器具全体を完全防水にするか、それとも浸水しても問題がない構造にするか、用途を考慮した設計が必要である。

解説（主な対象：器具メーカー）

照明器具を点灯すると内部の空気は器具の発熱によって膨張するが、消灯すると冷えて収縮する。このため、気密構造の器具であっても封止処理が不完全な場合呼吸状態が生じ、消灯時に外気とともに湿気が浸入する。このとき、外気が高湿度で且つ器具が冷えていると器具の内側が結露する。

このようなケースでは、中途半端な気密性のために一旦水分が侵入すると抜けにくく器具内部に長期間とどまることになり、その結果、リーク電流の増加による回路やＬＥＤの破壊、パターンの腐食による断線やショートなどの故障が発生する場合がある。

従って、屋外用の照明器具であれば、水抜き穴などを設けて通気性と排水性を確保するとともに、ＬＥＤ搭載部など主要回路部分については樹脂コーティング等の防湿処理が必要である。（ＪＩＳ Ｃ ８１０５－１ ９．２ｄ）１）に「水抜き孔のない照明器具は、水の浸入があってはならない」と規定されている）。

なお、コーティングする樹脂は、ＬＥＤの光や熱によって黄変着色するものは照明器具の光出力が減衰するので避けたほうがよい。↘

対策例

【器具メーカー側】（解説参照）

- ・ LED モジュールの防水・防滴処理
- ・ 防湿仕様の明確化（ＩＰコードなどを本体・仕様書に明記）とＩＰコード適合の確認・検証

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・ 屋内専用の照明器具を屋外用に使用しない。
- ・ 予定の設置場所で適当かどうか、あらかじめカタログ・仕様書で照明器具の防湿仕様を確認する。



関連規格

EIAJ ED-4701/200 : 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅱ）

試験方法 203 温湿度サイクル試験

JIS C 60068-2-38 : 環境試験方法（電気・電子）温湿度組合せ（サイクル）試験方法

JIS C 8105-1 : 照明器具－第１部：安全性要求事項通則

JIS C 8105-2-3 : 照明器具－第２－３部：道路及び街路照明器具に関する安全性要求事項

JIS C 0920 : 電気機械器具の外郭による保護等級（IPコード）

事例 No. 3 発熱			
現象		出力低下、不点灯、誤動作	
原因		放熱不良	
状況		解説（主な対象：器具メーカー）	
ケース１：ＬＥＤモジュールを照明器具に組み込む際、放熱を考慮しないままに照明器具を設計してしまった。その結果、使用中に急速に明るさが低下し短寿命となってしまった。		第１章の８で述べたように、ＬＥＤは投入電力のうち７～８割近くが熱となる。一方、ＬＥＤは半導体部品であるから、効率や寿命の点で電球や蛍光灯より低い温度で動作させなければならないので、熱放射や対流による放熱はあまり期待できない（次頁の図２．参照）	
ケース２：ＬＥＤの発熱を考慮せずに照明器具を設計してしまい、熱ストレスによって不点灯となった。投入電力に見合った放熱設計がなされていないのが原因。		以上のことから、ＬＥＤでは熱伝導によって積極的に放熱させる設計が必要である。一般にＬＥＤが熱を持たないといわれているのは、発熱しないのではなく光の成分に熱線（赤外線）を殆ど含まないということに過ぎない。	
解説（主な対象：施工者）		大まかにいってＬＥＤ照明器具の外郭が手で触れることができないほど熱くなるような動作状態では、寿命や信頼性の点でかなり不安がある。最近ではかなり高い動作温度を保証しているＬＥＤが出てきているが、それでも動作温度はなるべく低い方が望ましい。	
また、正しい放熱設計がなされたＬＥＤ照明器具であっても、設置する場合はその器具に指定された設置条件をきちんと守らなければならない。		ＬＥＤ照明器具の設計においては、ＬＥＤ素子から外部雰囲気に至る熱経路の熱抵抗を正しく見積り、ＬＥＤ素子の温度が所定の範囲に収まるようにきちんとした熱設計を行うことが特に重要である（次頁の図３．参照）。	
特に、密閉された空間や接続での設置、天井への埋込設置の場合などは、空気の対流があまり期待できないうえ、天井裏からの熱輻射や断熱構造の影響などがあり、照明器具によってはこの種の設置が禁止されている場合もあるので、特段の配慮が必要である。			
対策例			
【器具メーカー側】			
・ ＬＥＤの寿命を考慮した照明器具の放熱設計と温度上昇試験による確認・検証。			
・ 照明器具が使用出来る環境や制約事項をカタログ・仕様書・取扱説明書に記載する。			
【デザイナー・施工者・施設管理者側】			
・ 照明器具メーカーの注意事項や設置仕様を守る。特に断熱施工天井への取り付けの可否に注意。			
関連規格			
EIAJ ED-4701/100：半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅰ） 試験方法 101 動作寿命試験、試験方法 105 温度サイクル試験			
EIAJ ED-4701/200：半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅱ） 試験方法 203 温湿度サイクル試験			
JIS C 60068-2-38：温湿度サイクル試験			
EIAJ ED-4701/300：半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅰ） 試験方法 307 熱衝撃試験			
JEITA ED-4912：発光ダイオード			
JIS C 8152：照明用白色発光ダイオード（ＬＥＤ）の測光方法			
JIS C 60068-2-2：環境試験方法－電気・電子－第 2-2 部：高温（耐熱性）試験方法（試験記号：Ｂ）			

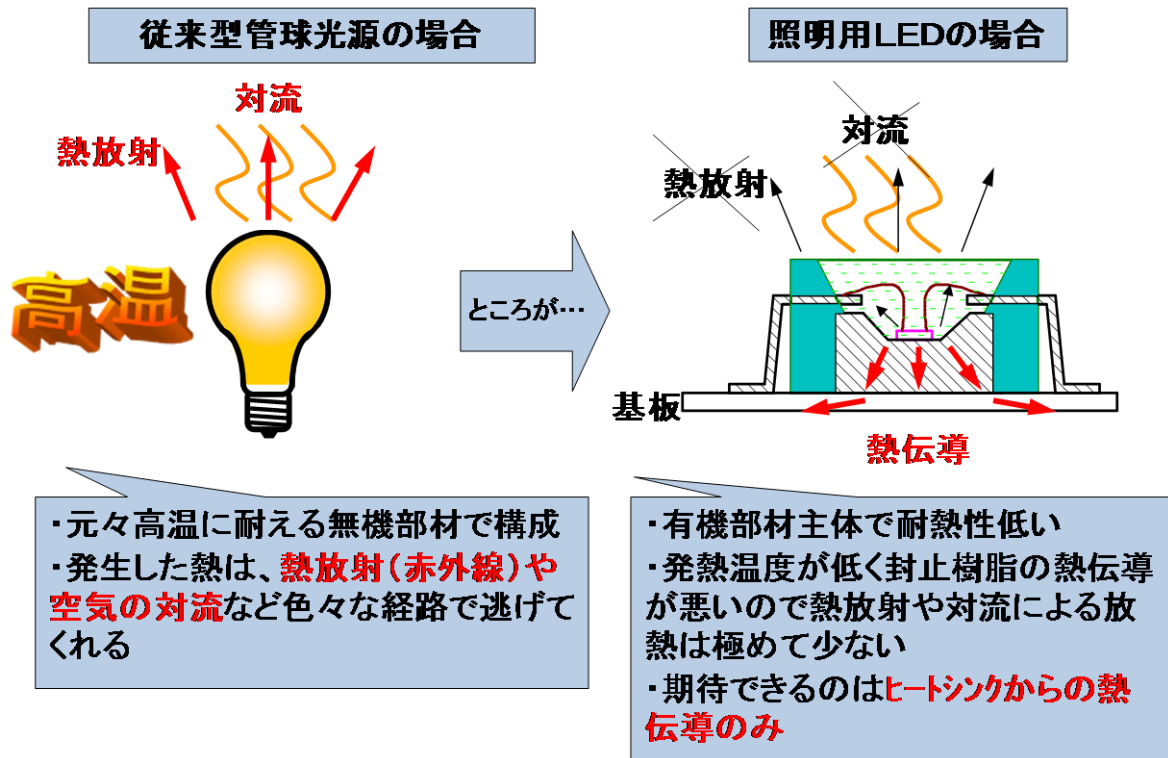


図 2. 従来光源と照明用LEDの放熱経路の違い

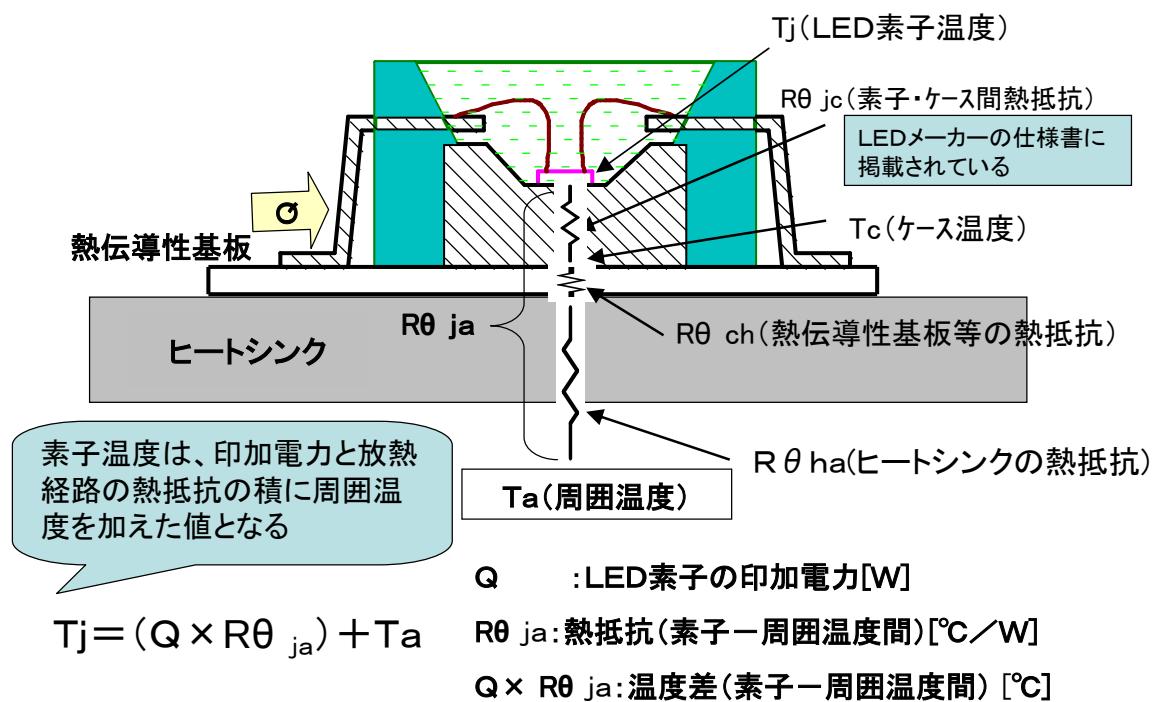


図 3. 照明用LEDの熱伝導と熱抵抗

事例 No. 4 電源誤接続			
現象		原因	
不点灯、破損		電源の誤接続	
状況		解説（主な対象：施工者）	
ケース１：ＤＣ電源の一次側（ＡＣ１００Ｖ）と二次側（ＤＣ出力）の配線を間違えて電源が破損した。		電源の誤接続に関する不具合は、左記のように別置き直流電源装置を使っているＬＥＤ照明器具の取り扱いミスが主な原因となっている。	
ケース２：ＤＣ電源出力の極性とＬＥＤ照明器具の極性を間違えて接続しＬＥＤが破損した。（又は、点灯しなかった。）		ＬＥＤは極性があり順方向に電流を流さないと点灯しない。また逆方向の耐圧が低いので大きな逆電圧が加わると破壊して点灯しなくなる場合がある。またＬＥＤの１素子あたりの電圧は３Ｖ程度と低いので何素子か直列に接続して使う場合が多々あり、接続数に則した電圧の電源が必要である。	
ケース３：ＤＣ入力の電源別置き型ＬＥＤ照明器具にＡＣ１００Ｖを入力してしまいＬＥＤが破損した。		施工する場合は、設置要領書に記載された注意事項をよく理解して工事を行うことが必要である。ケース５の不具合は、定電流回路が働くまでのタイムラグの間に大電流が流れたことが原因であり、二次側を先に繋いでおけば防げたはずである。	
ケース４：ＬＥＤ照明器具（電源別置型）側の最後の渡り線が外されてしまい点灯しなかった。（直流直列接続が理解されない）			
ケース５：１ＷクラスのＬＥＤモジュールを９灯まで直列点灯できる電圧の定電流電源を使って１ＷクラスのＬＥＤを１灯点灯させる際、施工者が誤って一次側（ＡＣ）から先に繋ぎ、後から二次側（ＤＣ）を繋いだ時に突発的に大電流が流れ不点灯となった。		解説（主な対象：器具メーカー）	
		照明器具メーカーでは、設置要領書の充実とともに、極性逆接続でも破損しない回路にするとか、コネクタを使い逆接続ができなくするなどのフェイルセーフ設計に心がける必要がある。	
対策例			
【器具メーカー側】			
・コネクタの使用による誤挿入防止。特に別置電源は１次側を端子台、２次側はプラスマイナスを間違えない様なコネクタを使用する等の対策を行う。			
・コネクタを使用出来ない様な汎用品は、極性・電圧・電流・使用可能なＬＥＤの個数等を現物に表示するなどして施工者側に注意をうながす。			
【デザイナー・施工者・施設管理者側】			
・施工時の注意事項と仕様の確認徹底（ＡＣ／ＤＣの別、極性、電圧など）、電源投入前の配線確認。			
関連規格			
JIS C 8155：一般照明用ＬＥＤモジュール性能要求事項			
JIS C 8153：ＬＥＤモジュール用制御装置性能要求事項			
JIS C 8105-1：照明器具－第１部：安全性要求事項通則			
JIS C 8105-2-1～C 8105-2-23：照明器具－第２－１部～２３部：個別器具の安全性要求事項			
JIS C 8147-1：ランプ制御装置－第１部：一般及び安全性要求事項			
JIS C 8147-2-13：ランプ制御装置－第２－１３部：直流又は交流電源用ＬＥＤモジュール用制御装置の個別要求事項			
JIS C 8154：一般照明用ＬＥＤモジュール安全仕様			

事例 No. 5 埋め込み設置・高所設置

現象	修理困難、メンテナンス費用大	原因	メンテナンスへの配慮不足
----	----------------	----	--------------

状況	解説（主な対象：デザイナー、施工者）
ケース１：ＬＥＤ照明は半永久的な寿命を持っているとして建物の壁面に埋め込まれた。このため故障したときに壁面を壊さないと取り出せなくて大きな問題となった。 ケース２：高層ビルの壁面に設置したＬＥＤ照明器具が、部品の偶発故障で不点灯になった際、点検・交換作業用の足場やメンテナンス設備がなく、時間と費用を要した。デザイナーが、ＬＥＤは切れないと思いこんでいたようで、点検時の配慮をしていなかった。 ケース３：ビル壁面のサイン照明にＬＥＤを使用した。経年変化で部分的に不点灯が発生。ＬＥＤモジュールの交換修復に納入コストを上回る費用が発生した。 ケース４：ビル屋上にＬＥＤ照明器具を多数配置したが、足場を組んでのメンテナンスが必要で多額の費用がかかった。	ＬＥＤ照明は電球や蛍光灯と比べて長寿命（明るさが初期値の７０％に低下する時間が例えば４万時間）ではあるが、これは設計上の寿命であってばらつくことがあるほか、電気製品である以上、一定の確率で故障することはありえる。仮にＬＥＤが壊れなくても、時間がたてばトランスやコンデンサなど他の回路部品が劣化してくる。 長寿命であるということと故障しないということとは同じ意味ではないはずなのに、いつのまにか両者が混同されて世間に流布されていることが誤解の原因となっている。 ＬＥＤ照明器具であっても、設置する場合は施工者側の責任としてメンテナンスについて十分に考えておくことが大切である。
	解説（主な対象：施設管理者）
	社団法人日本照明器具工業会では設置後８～１０年が照明器具の点検・交換の目安であるとしている。（参考Ｗｅｂサイト一覧参照） ＬＥＤ照明器具も、例えば故障しなくても安全性の点からこの目安を守ることが望ましい。 また透光部への汚れや埃の付着によって明るさが低下してくるから、省エネの点からも一定期間ごとの清掃作業は必要である。
解説（主な対象：器具メーカー）	
照明器具メーカーも施工者側にメンテナンスの必要性を十分に説明しておく必要がある。	

対策例

【器具メーカー側】

- ・施工者側にメンテナンスの必要性をカタログ、仕様図等で十分に説明しておく

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・メンテナンスについて十分に考慮した照明プランを行う（例えば、埋め込む場合はふたを付けて照明器具が交換できるようにする、など）
- ・メンテナンスが困難なところには設置しない



関連規格

JIS C 8153：ＬＥＤモジュール用制御装置－性能要求事項
JIS C 8105-1：照明器具－第１部：安全性要求事項通則
JIS C 8105-3：照明器具－第３部：性能要求事項通則

事例 No. 6 街路灯のメンテナンス			
現象	出力低下、短寿命	原因	メンテナンスの不足

状況	解説（主な対象：施設管理者）
LED街路灯が自動点滅器の故障（又は汚れ）によって、真夏の昼間にも点灯してしまい、器具内の温度が定格をオーバーし、寿命が短くなった。 	街路灯はその機能から、気温が低く直射日光に照らされない夜間でのみ点灯することを想定した設計になっている。これはLED街路灯だけでなく従来の蛍光灯街路灯でも同様で、取扱い説明書には設置時の試験以外日中での点灯はしないよう注意が記載されているのが普通である。 もし、真夏の昼間でも点灯するような状態になっていれば、街路灯の内部は設計の想定を超えた高温になり、長時間その状態のままであれば内部の回路部品が急速に劣化する恐れがある。 特にLEDは温度に敏感な半導体なので蛍光灯よりも受ける影響が大きい。LEDの寿命は動作温度に関係するので、周囲温度が高ければ高いほど寿命は低下する。LEDが長寿命であるといっても使用環境が悪ければその特長が生かされないのである。 このような不具合を起こさないためには、LED街路灯であっても定期的な点検とメンテナンスは欠かせない。光源が蛍光灯であれLEDであれ、土ぼこりや排気ガスのスス、クモの巣、虫の死骸、鳥の糞などの汚れは必ず生じる。 また、こういった汚れは光を減衰させ照明の効率を低下させてしまう。LEDの高効率という特長も、定期的に清掃を行わなければ生かすことができない。長寿命＝メンテナンスフリーではないことを銘記すべきである。

対策例
【器具メーカー側】 ・ 照明器具の仕様書や取扱い説明書に昼間点灯禁止や定期清掃等の注意事項を盛り込む 【デザイナー・施工者・施設管理者側】 ・ 街路灯の点灯状態の定期チェックと定期清掃の励行。 ・ 異常（昼間点灯）が生じたときの速やかな処置（自動点滅器の清掃・交換など）。

関連規格
JIS C 8105-1 : 照明器具－第1部：安全性要求事項通則 JIS C 8105-2-3 : 照明器具－第2－3部：道路及び街路照明器具に関する安全性要求事項 JIS C 8105-3 : 照明器具－第3部：性能要求事項通則

事例 No. 7落雷			
現象不点灯		原因落雷によるサージ電圧	
状況		解説（主な対象：器具メーカー）	
落雷発生により、LED照明が不点灯となった。 		落雷はその状況によって直撃雷と誘導雷などに分かれる。直撃雷は電力線や装置に直接被雷した場合をいい、非常にエネルギーが大きいため通常は装置を保護することはまず不可能である。（関連規格 JIS C 61000-4-5 の「適用範囲及び目的」でも「この規格では、直撃の雷は考慮していない」となっている） 一方誘導雷は近くの直撃雷による電磁気誘導で電力線などにサージ電圧が生じたものであり、直撃雷よりはるかにエネルギーが小さいので保護できる可能性がある。従ってLED照明器具の落雷対策は後者を想定したものとなる。 具体的な対策としては、電源やLEDなど内部回路の要所にバリスタやアレスタなどサージ吸収素子を設けるのが一般的な方法である。その際、雷サージ試験などによってサージ耐量の確認をしておくことが必要である。	
➤この様なことから、落雷による回路ショートで二次被害が生じたりすることがないように、ヒューズやブレーカの設置が重要となる。		解説（主な対象：施工者、施設管理者）	
		落雷対策でさらに完全を期すならACラインに耐雷トランスを設けるのが効果的である。耐雷トランスは、1次2次巻線間にシールド板を設けたトランスで、このシールド板を接地しておけば1次巻線から容量結合で抜けてくる雷サージをバイパスすることができる。 しかしながら、落雷はLED照明器具だけでなく、あらゆる電気製品に対する重大な脅威であり、完全に保護することは難しいと考えるべきである。かなり厳重な雷サージ対策をとった器具でも、実際の設置環境では設計値を超えた雷サージが印加されて回路が破壊してしまう場合がある。➤	
対策例			
【器具メーカー側】 ・器具内(の電源回路等)ではバリスタやアレスタなどサージ吸収素子による耐雷性強化をおこなう 【デザイナー・施工者・施設管理者側】 ・照明器具設置交流電源ラインの耐雷性強化（耐雷トランス設置、ブレーカ設置など）			
関連規格			
JIS C 61000-4-5：電磁両立性－第4－5部：試験及び測定技術－サージイミュニティ試験			

事例 No. 8 パイロットランプ付きスイッチ

現象	出力低下、その他	原因	不適切な使い方
----	----------	----	---------

状況	解説（主な対象：デザイナー、施工者、施設管理者）
LED照明器具をパイロットランプ付きスイッチと組み合わせて設置したが、スイッチを切ってもLED照明がぼんやりと点灯（または点滅）したままになっている。   スイッチはOFFなのに...	パイロットランプ付きスイッチとは、内蔵された小型のLEDランプによってスイッチのオン・オフの状態が点灯表示されるもので、二つのタイプがある。 一つはオフの時に（通常は緑）点灯する「位置表示灯付きタイプ」で、もう一つはオンの時に（通常は赤）点灯する「動作確認灯付きタイプ」である。 位置表示灯付きタイプは暗い中でもスイッチの位置が分かり、また動作確認灯付きタイプは離れた場所にある照明器具の点灯状態が分かるという利点があり、オフィス等で広く使われている。 このパイロットランプを点灯するためには、小さいながらも一定の電流を流さなくてはならないので、発光効率の大きいLED照明器具と組合せた時に問題が生じる場合がある。 左記の不具合は、位置表示灯付きスイッチを使った場合に、オフの時に流れる微小電流でもLED照明がわずかに点灯（または内部回路が不安定になって点滅）してしまうことが原因である。 その他、動作確認灯付きタイプでは、LED照明の定格電流が少ないため、パイロットランプに十分な電流が流れず暗い（または点灯しない）という不具合が生じる場合がある。↖

▶ 従って、LED照明器具を使う場合は、その電源系統にパイロットランプ付きスイッチを使うのかどうか、その照明器具はパイロットランプ付きスイッチに対応しているのかどうか、予め確認しておくことが大切である。

対策例

【器具メーカー側】

- ・照明器具の仕様書にパイロットランプ付きスイッチの使用可否、使用可の場合は何個まで接続できるかなどの注意事項を盛り込む。
- ・パイロットランプ付きスイッチに対応できるように器具設計上の配慮をする

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・パイロットランプ付きスイッチを使いたい場合は、事前にLED照明器具メーカーに確認する。

関連規格

（特になし）

事例 No. 9 電球形LEDランプと調光器

現象	点灯不良	原因	不適切な使い方
----	------	----	---------

状況	解説（主な対象：デザイナー、施工者、施設管理者）
ケース１：白熱電球の調光回路にLED電球（調光器非対応）を取り付けたが、チラツキ・調光不良が発生した。 ケース２：白熱電球用調光器にLED電球を使用した、調光動作に異常が発生。 	電球形LEDランプ（LED電球）には調光器対応モデルと非対応モデルがあり、調光器の入っている電源系統には調光器対応モデルを使用しないと正常に点灯・調光動作をしないので気を付けなければならない。 一般に白熱電球用の調光器では交流電源波形を位相制御（回路に流れる電流波形の幅を変化させる制御）することで明るさを可変させている。 このような調光器の入った電源系統に調光器非対応の電球形LEDランプを取り付けると、LEDランプに内蔵された制御回路に正常な電圧がかからなくなり故障や異常点灯などの恐れがある。 なお、調光器対応のモデルであっても全ての調光器が使えるわけではないので、必ず電球形LEDランプメーカーが指定する調光器を使用する必要がある。 最近ではリモコンで調光できるモデルもあるので、こういったものを使えば電源系統に調光器を取り付けなくても調光が可能となる。

対策例

【器具メーカー側】

- ・電球形LEDランプの外箱に、調光器対応であるかどうか、調光器対応の場合は使用上の注意事項は何か等を、明確に表示する。

例：「調光器の付いた回路やリモコン等による調光機能がついた電球器具には使用できません」
「調光度合いを100%にしても使用できません」

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・予め、電球形LEDランプメーカーや調光器メーカーに確認する。

関連規格

JIS C 8156 : 一般照明用電球形LEDランプ（電源電圧50V超）安全仕様
JIS C 8157 : 一般照明用電球形LEDランプ（電源電圧50V超）性能要求事項

事例 No. 10 直管形LEDランプ			
現象 不点灯		原因 不適切な使い方	
状況		解説（主な対象：施工者、施設管理者）	
既存のインバータ方式、ラピッド方式蛍光灯器具に蛍光管型LEDランプを取り付けたところ、点灯せず故障に至った。 ▼この様なことから、既設照明器具の改造を行った場合は、その旨を明示したラベルを貼るなどして誤使用を防ぐ必要がある。また、改造された器具は元のメーカーの製品としての責任はなくなるので、不具合が生じた場合、LED照明メーカー、施工者、施設管理者の誰が責任を持つのか、予め明確にしておくことが望ましい。 なお、②の電源は直管形LEDランプの一部ではなく独立した電源とみなされるので、特定電気用品としてPSEの機能認証（照明基礎知識 12 参照）を受けた製品でなければならない。 社団法人日本電球工業会と社団法人日本照明器具工業会では、本書「参考Webサイト一覧」に示すそれぞれのWebサイトで、直管形LEDランプの評価結果及び装着時の注意点などについて紹介しているので参照されたい。 なお、電球工業会では新たな規格として JEL 801 を発行した。この規格はL形ピン口金 GX16t-5 を採用する事で誤挿入による事故を防ぐことができるほか、全光束、配光、平均演色評価数が規格化されたことで、明るさや光の広がり、色の見え方が考慮されている。		直管形LEDランプ（LED蛍光灯）は、既存の直管蛍光ランプ用照明器具に取り付けて使用するタイプのLED照明である。 現在市場に出回っているものは大別すると下記の3種類に分かれる。 ①商用電源を直結するタイプ（既設照明器具内の安定器の切り離しなど器具改造を伴う） ②ACアダプタなど外部電源を介して接続するタイプ（同上） ③既設照明器具にそのまま接続するタイプ（器具の改造は不要） 蛍光ランプの器具は、安定器など蛍光ランプを点灯させるための回路部品が搭載されており、その回路も、グロースタータ型、ラピッドスタータ型、インバータ型など様々なものがある。このため、そのまま直管形LEDランプを取り付けた場合、これらの回路が障害となって正常に動作しない場合がある。①と②のタイプは、こういった問題を避けるため既設器具の内部回路を取り去っているのである。従って、これらの直管形LEDランプを誤って適合しない器具に取り付けると、内部回路に過大な電圧がかかったり、ショートしたりして本件事例のような不具合が発生する。③のタイプも、どの器具にも取り付けられるわけではなく、不具合を避けるため器具の種類が指定されている場合があるので気を付けなければならない。↙	
対策例			
【器具メーカー側】 ・直管形LEDランプの取付け方法及び注意事項を取扱説明書や工事要領書等に明示する ・適合ランプ以外を使用した場合は保証範囲外となる旨をカタログ、仕様書、取説等に明記する 【デザイナー・施工者・施設管理者側】 ・LED照明メーカーの取扱説明書や工事要領書に従って正しく取り付ける ・既設照明器具を改造した場合は、器具にその旨を明示し、誤って元の蛍光ランプや別の種類の直管形LEDランプが取り付けられない様にする			
関連規格			
電気用品安全法 省令第1項技術基準別表第八 JIS C 8105-1 : 照明器具第1部：安全性要求事項通則 JEL 801 : L形ピン口金 GX16t-5 口金付直管形LEDランプシステム（一般照明用）			

事例 No. 11 点滅			
現象	点灯不良	原因	設計の検討不足

状況	解説（主な対象：器具メーカー）
口金式のLEDモジュールで、温度対策として所定温度になると電源が切れるサーモスタットを内蔵した。温度が上がると電源が切れるので確かにLED破壊は免れるが、実使用において頻繁に点滅するので、ユーザーからクレームが来た。 	安全性に配慮したつもりだったが、器具としての放熱設計を考慮しなかったため、光源部の熱放散が出来ず、LEDモジュールに内蔵した安全装置が作動したもの。器具の実動作状態での設計検証が不十分であったと思われる。 機器に組み込んで使用する場合にはLED光源部だけでなく、器具の周囲環境を含む全体での放熱設計が重要となる。 例えば、サーマルプロテクタ内蔵電球形LEDランプを断熱施工済みの白熱電球用ダウンライトの器具に取り付けると同様の不具合が生じる恐れがあるので気を付けなければならない。

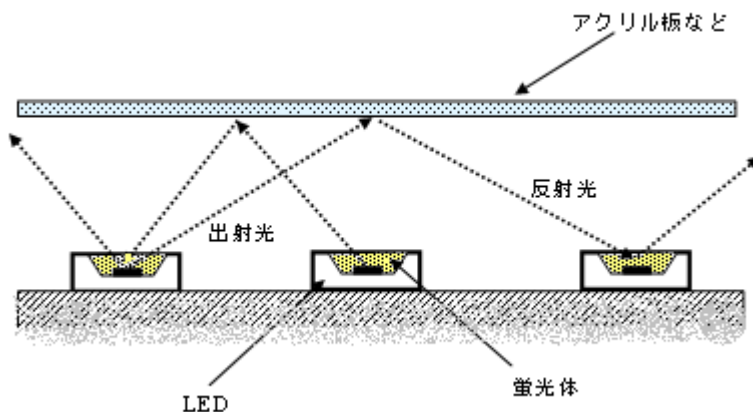
対策例
【器具メーカー側】 ・放熱条件、放熱構造を十分考慮した器具設計を行う ・実使用（設置）条件での動作確認・検証を必ず行う 【デザイナー・施工者・施設管理者側】 ・照明器具メーカーの指定事項を守って設置する

関連規格
JIS C 8153 : LEDモジュール用制御装置－性能要求事項 JIS C 8154 : 一般照明用LEDモジュール－安全仕様 JIS C 8105-1 : 照明器具－第1部：安全性要求事項通則 JIS C 8105-2-2 : 照明器具－第2-2部：埋込み形照明器具に関する安全性要求事項

事例 No. 12 発光色のシフト

現象	発光色のシフト	原因	反射による蛍光体の再発光
----	---------	----	--------------

状況	解説（主な対象：器具メーカー）
LEDモジュールの上に透明のプラスチック板をかぶせたら発光色が変わってしまった。 ▼ なお、これとは別に、液晶バックライトと類似のプラスチック導光板を使った面状照明の場合では、厚いプラスチック板の中を光が通過するため、プラスチックの波長透過特性がLED照明の色に強く影響する。 一般にプラスチック板は短波長側の透過率が良くないため青色光はかなり減衰するから、導光板から外に出てくる光は長波長側（低い色温度）にシフトする。従って、この場合もシフトする分を見越した色度のLEDを使う必要がある。	一旦LEDから出た光の一部がプラスチック板の表面で反射され、再びLEDに入射したことにより蛍光体が再励起されて色度がずれることが原因。 青色LED素子と黄色蛍光体を組み合わせた白色LEDでは、蛍光体によって青色光の一部が黄色光へと変換されるので、出射光の反射による戻り光で蛍光体が再励起されると色温度が低い方にシフトする。 従ってLED看板など、LEDやLEDモジュールの上にプラスチックカバーをかぶせる用途では、予めシフトする分を見込んでLEDの色度を選定しておくなどの配慮が必要である。↖



対策例

【器具メーカー側】

- ・ 予め使用するLEDモジュールとプラスチック板を使って色度ずれの程度を確認しておく
- ・ 色度ずれを見込んだ発光色（目的よりも高い色温度）のLEDモジュールを選ぶ
- ・ 仕様書や取扱説明書に注意事項を記載する

【デザイナー・施工者・施設管理者側】

- ・ LED照明器具に後からプラスチックカバーをかける場合も、この影響がないか確認しておく

関連規格

（特になし）

事例 No. 13色バラツキ			
現象色バラツキ		原因ＬＥＤの製造バラツキ	
状況		解説（主な対象：器具メーカー）	
ケース１：ユーザーに「照明器具内のＬＥＤの光色が、青っぽい、黄色っぽい、白っぽいなどのバラツキがある。また、ＬＥＤ照明器具を連続的に設置した場合に、器具どうしの光色のバラツキも感じる」と言われた。カタログに記載してあるように、ＬＥＤにはバラツキがある旨を説明した。		一般に白色ＬＥＤの発光は、青色ＬＥＤの光とその光により励起した蛍光体からの光の混色により作られているため、青色ＬＥＤの波長バラツキ、蛍光体の濃度バラツキにより、色バラツキが起こる。 ＬＥＤの色バラツキを抑えるには、色度の許容範囲を狭く指定すれば良いが、あまり狭くするとＬＥＤの購入価格が高くなるので、実用的な範囲で決める必要がある。 ＬＥＤ照明器具の色バラツキについては、予めカタログ等で使用者側に説明しておくことが望ましい。	
ケース２：規定の色度範囲内であるが、若干の色バラツキでクレームになった。		解説（主な対象：デザイナー、施工者、施設管理者）	
ケース３：白色や電球色等ＬＥＤの色調に対する認識不足の問題。建築デザイナーの主観に対し、ＬＥＤの色調の実力（色度、色温度、色度範囲）が相違していて問題となった。		ＬＥＤ照明器具の色バラツキは、予めカタログや仕様書、サンプル等で確認しておくことと安心である。 なお、カタログや仕様書に記載されている色度や色温度は普通、積分球で測定された値、即ちＬＥＤから出た全ての方向、波長の光の平均値であるため、例えばＬＥＤの正面方向に照射される光とは異なる場合があるので気を付けなければならない。	
ケース４：多数のカラー投光器で壁面を照射したが、ＲＧＢをフル点灯した時の混色による白色光の色バラツキが問題となった。			

対策例	
【器具メーカー側】 ・ ＬＥＤメーカーとの色度範囲の取り交わしと、カタログ等によるユーザーへの事前説明。 【デザイナー・施工者・施設管理者側】 ・ 器具メーカーへ色度仕様の事前確認を行う ・ ＬＥＤの色バラツキの実力を見極めた照明設計を行う	

関連規格	
JIS C 8152：照明用白色発光ダイオード（ＬＥＤ）の測光方法 （※将来 JIS C 8152-1 となり、新たにハイパワーＬＥＤとＬＥＤエンジン（モジュール）の規格 JIS C 8152-2 ができる予定） JIS C 8155：一般照明用ＬＥＤモジュール性能要求事項	

第3章 設計・施工の関係規格・法令リスト

この章では、第2章で紹介した関係規格を法令とともに一覧表にまとめて示しました。一覧表は、器具の設計関連と施工関連に大別し、前者については設計（性能、安全性）と信頼性（環境、耐久性）に、後者については照明設計と設置工事に分類しました。

一覧表には、「規格名称【概要】、分類、対象、LED、関係規格番号」の各項目を設けました。「規格名称」にはその規格や法令の正式な名称を、【概要】にはその内容の要約を示しました。また、その他の項目については字数の関係から下表に示すように略号で表示しました。

ここで、「分類」とはその規格の対象となるLED照明の部位のことで、1の場合は内蔵されているLED、2の場合はLED照明器具そのものを示します。また、「対象」とは、その規格に関係すると思われる対象者のことで、aはLEDメーカー、LED照明器具メーカー、bはLED照明器具を扱う照明デザイナー、施工者、施設管理者を示します。また「LED」は、その規格・法令がLEDを適用対象としているかどうかの区別で、○印が記載されている場合はLEDが対象となっていることを示しています。

欄	内 容
分類	対象部位の分類（1：LED単体・LEDモジュール、 2：照明器具）
対象	対象者（a：LEDメーカー、器具メーカー、 b：照明デザイナー・施工者・施設管理者）
LED	LED光源固有の記載事項有りの場合（○）

※本章記載の規格・法令は、2011年12月21日現在のもの

1. 器具設計関連

1. 1 設計（性能、安全性）に関する規格・試験方法

No.	規格名称【概要】	分類	対象	LED	関係規格番号
1.1.1	照明用語	1, 2	a, b		JIS Z 8113:1998
1.1.2	照明用白色発光ダイオード(LED)の測光方法 【LEDの測光方法(CIE平均化LED光度、全光束、光源色)など】	1	a	○	JIS C 8152:2007
1.1.3	発光ダイオード(Light Emitting Diodes) 【駆動回路を含まないLEDにおける電氣的、光学的特性の測定方法】	1	a	○	JEITA ED-4912:2008
1.1.4	一般照明用光源の測光方法 【照明用LEDを除く一般照明用光源の測光方法】	1	a		JIS C 7801 : 2009
1.1.5	照明の場における輝度測定 【照明の場における一般的な輝度測定方法】	2	a, b		JIS C 7614:1993
1.1.6	照度測定方法 【主として人工照明の照度を測定する場合の一般的方法】	2	a, b		JIS C 7612:1985
1.1.7	光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法 【ほぼ無彩色であるような光源の相関色温度または色温度を測定する方法】	1, 2	a		JIS Z 8725:1999
1.1.8	光源の演色性評価方法 【演色評価数を用いて一般照明用光源の演色性を評価する方法】	1, 2	a		JIS Z 8726:1990
1.1.9	蛍光ランプの光源色及び演色性による区分 【JIS C 7601に規定する一般照明用蛍光ランプの光源色及び演色性による区分】	1, 2	a		JIS Z 9112 : 2004
1.1.10	ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性 【光生物学的安全性評価指針】	1, 2	a, b	○	JIS C 7550 : 2011
1.1.11	レーザ製品の安全基準 【安全な動作レベルを示し、危険性の度合いに応じたクラス分けにより人体を保護】	1, 2	a, b	○	JIS C 6802 : 2005
1.1.12	ランプソケット類—第1部：一般的要求事項及び試験 【ランプソケットの一般的要求事項及び安全使用を決定する試験方法】	1	a		JIS C 8121-1 : 2005
1.1.13	ランプソケット類—第2-1部：S14形ランプソケットに関する安全性要求事項 【組込み用及び一般照明用独立形ランプソケットS14に適用。独立形ランプソケットも照明器具として試験】	1	a		JIS C 8121-2-1 : 2000
1.1.14	ランプソケット類—第2-2部：プリント回路基板ベースLEDモジュール用コネクタに関する安全性要求事項 【プリント回路基板ベースLEDモジュールに用いられる各種組込み用コネクタに適用。JIS C 8121-1を併読要す】	1	a	○	JIS C 8121-2-2:2009
1.1.15	LEDモジュール用制御装置—性能要求事項 【LEDモジュールと組み合わせて動作させる電気制御装置の性能要求事項】	2	a	○	JIS C 8153:2009

No.	規格名称【概要】	分類	対象	LED	関係規格番号/法令名
1.1.16	一般照明用 LED モジュール-安全仕様 【一般照明用として使用する LED モジュールの 安全要求事項】	1, 2	a	○	JIS C 8154:2009
1.1.17	一般照明用 LED モジュール-性能要求事項 【電氣的、光学的特性とその表示方法を規定】	1, 2	a	○	JIS C 8155:2010
1.1.18	ランプ制御装置-第1部：一般及び安全性 要求事項 【250V 以下の直流電源／1000V 以下の 50Hz～60Hz 交流電源に使用するランプ制 御装置の一般及び安全性要求事項】	2	a		JIS C 8147-1 : 2005
1.1.19	ランプ制御装置-第2-13部：直流又は交 流電源用 LED モジュール用制御装置の個別 要求事項 【250V 以下の直流電源／1000V 以下の 50Hz～60Hz 交流電源で、電源周波数と異 なる出力周波数で使用するための LED モジュール 用制御装置の個別要求事項】	2	a	○	JIS C 8147-2-13 : 2008
1.1.20	照明器具-第1部：安全性要求事項通則 【安全性における電氣的、機械的及び熱的な一 般的な要求事項を規定】	2	a	○	JIS C 8105-1 : 2010
1.1.21	照明器具-第2部： 【種類別の各照明器 具の安全性要求事項の細則】	2	a		JIS C 8105-2-1～-2-23 (JIS C 8105-2-3 を除く)
1.1.22	照明器具-第2-3部：道路及び街路照明器 具に関する安全性要求事項 【防水性能、取付強度など一般的安全性の要求 事項及び試験方法】	2	a	○	JIS C 8105-2-3 : 2005
1.1.23	照明器具-第3部：性能要求事項通則 【照明器具の性能要求事項及び受渡検査事項な ど】	2	a	○	JIS C 8105-3 : 2011
1.1.24	照明器具-第5部：配光測定方法 【一般用照明器具の配光特性、光束の測定方法】			○	JIS C 8105-5:2011
1.1.25	一般照明用電球形 LED ランプ（電源電圧 50V 超）安全仕様 【電球形 LED ランプ の安全仕様及び試験方法】	2	a	○	JIS C 8156 : 2011
1.1.26	一般照明用電球形 LED ランプ（電源電圧 50V 超）性能要求事項 【電球形 LED ラ ンプの性能要求事項、試験方法及び試験条件】			○	JIS C 8157:2011
1.1.27	道路照明器具 【安全性、性能（配光特性 など）に関する要求事項並びに試験及び検査を 規定、街路照明器具は除外】	2	a		JIS C 8131 : 2006
1.1.28	電気用品の技術基準 【省令第1項 別表第八、省令第2項】	2	a	一部 ○	電気用品安全法
1.1.29	L 形ピン口金 GX16t-5 付直管形 LED ラ ンプシステム（一般照明用） 【L 形ピン口金 GX16t-5 付直管形 LED ラ ンプ、制御装置及びソケットに対する安全性、互換 性及び性能についての要求事項と試験方法】	2	a	○	JEL 801 : 2010

1. 2 信頼性（環境、耐久性）に関する規格・試験方法					
No.	規格名称【概要】	分類	対象	LED	関係規格番号
1. 2. 1	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅰ） 【試験方法 101 動作寿命試験、試験方法 105 温度サイクル試験】	1	a		EIAJ ED-4701/100:2001
1. 2. 2	環境試験方法－電気・電子－第2-2部：高温（耐熱性）試験方法（試験記号：B） 【電気・電子部品の高温（耐熱性）試験】	1, 2	a		JIS C 60068-2-2: 2010
1. 2. 3	環境試験方法（電気・電子）温湿度組み合わせ（サイクル）試験方法 【主として部品に対する組み合わせ試験】	1	a		JIS C 60068-2-38:1988
	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅱ） 【試験方法 203 温湿度サイクル試験】				EIAJ ED-4701/200:2001
1. 2. 4	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅰ）【試験方法 307 熱衝撃試験】	1	a		EIAJ ED-4701/300:2001
1. 2. 5	環境試験方法－電気・電子－第2-20部：試験-試験T-端子付部品のはんだ付け性及びはんだ耐熱性試験方法 【SMD 部品以外のはんだ付け性、はんだ耐熱性試験方法】				JIS C 60068-2-20: 2010
	環境試験方法－電気・電子－表面実装部品（SMD）のはんだ付け性、電極の耐はんだ食われ性及びはんだ耐熱性試験方法 【SMD 部品のはんだ付け性、はんだ耐熱性試験方法】	1	a		JIS C 60068-2-58:2006
	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅰ） 【試験方法 301 はんだ耐熱性試験（SMD）、試験方法 302 はんだ耐熱性試験（SMD 以外）、試験方法 304 はんだ付け性試験】				EIAJ ED-4701/300:2001
1. 2. 6	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅱ） 【試験方法 403 振動試験】	1	a		EIAJ ED-4701/400:2001
	環境試験方法－電気・電子－第2-6部：正弦波振動試験方法（試験記号：Fc） 【輸送中及び使用中における振動に対する耐久性試験方法】	1, 2	a		JIS C 60068-2-6: 2010
1. 2. 7	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅱ） 【試験方法 405 定加速度試験】	1	a		EIAJ ED-4701/400:2001
	環境試験方法－電気・電子－加速度（定常）試験方法 【輸送中及び使用中における定加速度に対する耐久性試験方法】	1, 2	a		JIS C 60068-2-7:1993
1. 2. 8	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅱ） 【試験方法 404 衝撃試験】	1	a		EIAJ ED-4701/400:2001
	環境試験方法－電気・電子－衝撃試験方法 【輸送中及び使用中における衝撃に対する耐久性試験方法】	1, 2	a		JIS C 60068-2-27:1995

No.	規格名称【概要】	分類	対象	LED	関係規格番号
1.2.9	環境試験方法—電気・電子—第2-2 1部：試験—試験U：端子強度試験方法	1	a		JIS C 60068-2-21:2009
	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅱ）【試験方法 401 端子強度試験】				EIAJ ED-4701/400:2001
1.2.10	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（寿命試験Ⅱ）【試験方法 204 塩水噴霧試験】	1	a		EIAJ ED-4701/200:2001
	環境試験方法（電気・電子）塩水噴霧試験方法【部品、機器の塩水噴霧に対する耐劣化性の比較試験方法】	1, 2	a		JIS C 60068-2-11:1989
1.2.11	環境試験方法—電気・電子—封止（気密性）試験方法【電気・電子部品の封止（気密性）試験】	1	a		JIS C 60068-2-17:2001
	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（その他の試験）【試験方法 503 気密性試験】				EIAJ ED-4701/500:2001
1.2.12	電気機械器具の外郭による保護等級（IPコード）【器具の防塵防水のランク分類及び試験方法】	2	a		JIS C 0920:2003
1.2.13	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験Ⅰ）【試験方法 304 人体モデル静電破壊試験（HBM/ESD）】	1	a		EIAJ ED-4701/300:2001
	電磁両立性—第4部：試験及び測定技術—第2節：静電気イミュニティ試験【半導体デバイス、電気・電子装置の静電気に対する耐性試験方法】	2	a		JIS C 61000-4-2:1999
1.2.14	電磁両立性—第4-3部：試験及び測定技術—放射無線周波電磁界イミュニティ試験【外部機器からの無線周波数電磁波に曝された時の耐性の評価】	2	a		JIS C 61000-4-3:2005
1.2.15	電磁両立性—第4-4部：試験及び測定技術—電氣的ファストトランジェント／バーストイミュニティ試験【電源ライン等から混入する、連続した立ち上りの早いサージに対する耐性の評価】	2	a		JIS C 61000-4-4:2007
1.2.16	電磁両立性—第4-5部：試験及び測定技術—サージイミュニティ試験【半導体デバイス、電気・電子装置のスイッチング電圧、雷サージ電圧に対する耐性試験方法】	2	a		JIS C 61000-4-5:2009
1.2.17	電磁両立性—第3-2部：限度値—高調波電流発生限度値（1相当りの入力電流が20 A以下の機器）【商用電源系統に流入する高調波成分の限度値を規定】	2	a	○	JIS C 61000-3-2:2005
1.2.18	電気照明及び類似機器の無線妨害波特性の許容値及び測定法【機器からの無線妨害波（放射及び伝導）に対して適用】	2	a		CISPR15
1.2.19	VCCI協会「自主規制措置運用規程」の付則（技術基準）【本来は情報処理装置に対するVCCI協会の自主規制規格。これを照明器具に準用】	2	a		VCCI

2. 施工関連

2. 1 照明計画

No.	規格名称【概要】	対象	LED	関係規格番号
2.1.1	照度基準総則 【各施設（事務所、工場、学校、病院、保健所、百貨店、公園等）で必要な照度基準を規定】	a, b		JIS Z 9110:2010
2.1.2	道路照明基準 【トンネルを除く道路照明の質的基準】	a, b		JIS Z 9111:1988
2.1.3	トンネル照明基準	a, b		JIS Z 9116:1990
2.1.4	屋外テニスコート及び屋外野球場の照明基準	a, b		JIS Z 9120:1995
2.1.5	屋外陸上競技場、屋外サッカー場及びラグビー場の照明基準	a, b		JIS Z 9121:1997
2.1.6	屋内運動場の照明基準 【屋内で行われる運動競技のための屋内運動場（体育館）の照明基準】	a, b		JIS Z 9122:1997
2.1.7	屋外、屋内の水泳プールの照明基準	a, b		JIS Z 9123:1997
2.1.8	スキー場及びアイススケート場の照明基準	a, b		JIS Z 9124:1992
2.1.9	屋内作業場の照明基準	a, b		JIS Z 9125:2007
2.1.10	屋外作業場の照明基準	a, b		JIS Z 9126:2010
2.1.11	道路照明施設設置基準 【道路照明施設の整備に関する一般的技術基準】	a, b		（国土交通省）
2.1.12	電気通信施設設計要領・同解説（電気編） 【国土交通省が所管する河川、ダム、海岸、砂防及び道路に関する直轄業務に係る電気設備の標準的な設計手法】	a, b		（社団法人建設電気技術協会）
2.1.13	道路・トンネル照明器材仕様書 【2.1.11 及び 2.1.12 に基づいて設計する際に必要となる標準的器材の仕様】	a, b		（社団法人建設電気技術協会）

2. 2 設置・工事

No.	関係規定・法令名	対象	LED	概要
2.2.1	内線規定 （社団法人日本電気協会）	b		「電気設備に関する技術基準を定める省令」及び「電気設備の技術基準の解釈」に定められた内容をより具体的に定め電気工作物の工事、維持及び運用に当たって、技術上必要な事項を規定した規格
2.2.2	電気工事士法	b		電気工事の作業に従事する者の資格及び義務を定め、電気工事の欠陥による災害の発生の防止に寄与することを目的とする法律
2.2.3	屋外広告物法	b		良好な景観を形成し、若しくは風致を維持し、又は公衆に対する危害を防止するために、屋外広告物の表示及び屋外広告物を掲出する物件の改定並びにこれらの維持並びに屋外広告業について、必要な規制の基準を定めることを目的とする法律

第4章 知ってて得するLED照明基礎知識

この章では、LED照明を取り扱う際に知っていると便利な照明の基礎知識について取り上げました。表示と照明の違いといった照明の定義から、意外と知られていない演色評価数の正しい値や最近変わった可視光の波長範囲まで、様々な内容について解説を加えました。また、注目されるLED照明の規格についても、JIS規格や電気用品安全法などの関連する項目について、それぞれ紹介しています。



※本章記載の規格・法令に関する内容は、2011年12月21日現在のもの

【照明基礎知識 1】「表示」と「照明」の違い

～「物体の色を見る」ということの視覚的な意味～

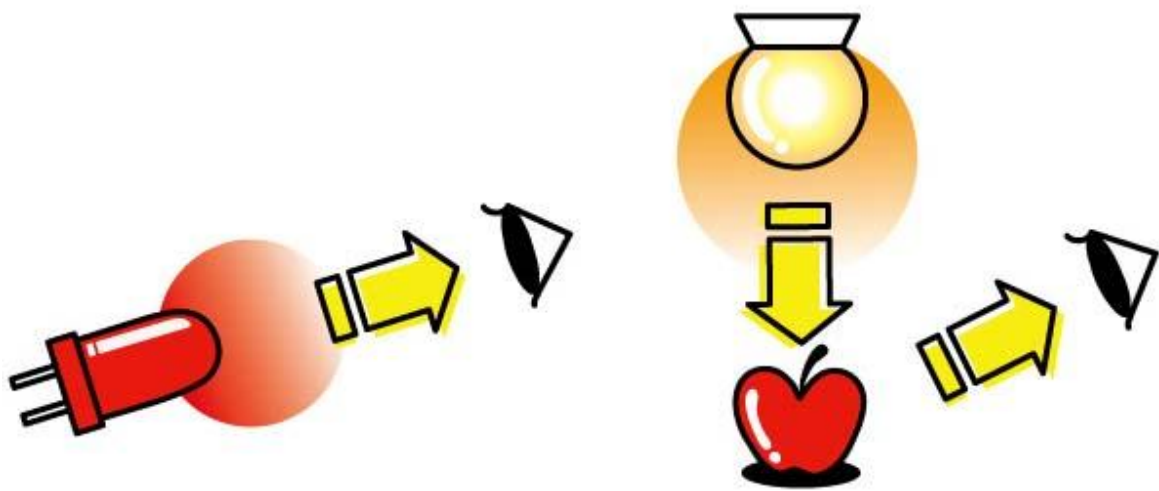
最近、私たちの周りにはLEDを使った様々な設備や装置が増えてきました。町を歩けば、通りには商品を宣伝するLED看板が立ち並び、上を見上げればビルの壁面で大型LEDディスプレイが動画を流しています。立ち止った交差点にはLED式交通信号機が立ち、信号待ちをしている車のストップランプもLEDです。

こんなに増えてきたLEDですが、これらは全て「表示装置」であって「照明器具」ではありません。LEDの照明器具とは、例えば家庭で使われた電球形LEDランプ（LED電球）や、商店街、住宅街に設置されるLED街路灯などを指します。「表示」をする「表示装置」と「照明」をする「照明器具」。同じように光を使う、この「表示」と「照明」とは、一体どの様な違いがあるのでしょうか。

それを説明するために、例えば先に述べた交通信号機を例にあげてみましょう。私たちが交通信号機を見て、赤だから止まれとか、青だから進めと判断しているのは、信号機から直接発せられる光を見ているからで、これは信号機の「表示」機能によるものです。一方、私たちが、信号機そのものがそこに設置されているのが認識できるのは、信号機が街路灯などに照らされてその姿が浮かび上がっているからで、これは街路灯の「照明」による効果です。つまり、ここでいう「表示」とは対象である光源（信号機のランプ）から直接来る光を見ることであり、また「照明」とは光源（街路灯）からの光を受けた対象（信号機の外形）の反射光を見るということです。

この違いは、対象の色を知覚するときに大きく関係してきます。私たちがある物体の色を見るとき、それはその物体の色だけを独立して知覚しているということではありません。その物体を照らしている光がその物体に当たったあとの反射光を見ているのです。これは即ち、物体を照らす光の波長分布（スペクトル）と物体の反射波長分布の両方で決まる色合いの光を見ていることにほかなりません。

下記のイラストに表したように、光源の色を直接見る「表示」と光源で物体を照らす「照明」とでは、同じ光源の光を使う場合であっても、物体表面の反射特性が介在するかどうかという点で、その見え方の仕組みが本質的に異なるのです。



「表示」の仕組み

「照明」の仕組み

【照明基礎知識 2】光のスペクトルが色を左右する

通常、私たちは太陽光など自然の光で照らされた環境の中で暮らしているの、無意識のうちにこれが基準の光環境だと感じています。私たちがリンゴの実を赤いと感じるのは、赤色領域の反射率が大きい、ため基準の光環境の中では赤色の反射光が大きくなるからです。

ところが、このリンゴを赤色成分のほとんどない光で照射したらどうでしょうか。そうすると、例えばリンゴ表面の赤色反射が大きいたとしても、赤色成分の少ない光で照らすわけですから、結果的に赤色の反射光も少ないことになり、リンゴは違った色に見えるはずで。

これを図4を使ってもう少し具体的に説明しましょう。図4は基準となる昼光と試料光1（白色LEDの光）、試料光2（黄色LEDの光）のスペクトルと、それぞれの光で同一の赤い色票を照らしたときの色の違いとを示しています。

試料光1は基準光と比べて赤色成分がかなり少なくなっています。このため色票の色もかなりくすんでしまいます。さらに試料光2になると赤色成分はほとんどありません。色票の色は無彩色に近くなり、基準光で照らした色とは似ても似つかない色になってしまいます。このように、その物体本来の自然の色合いを表現するには、照射する光のスペクトルが大変重要なのです。

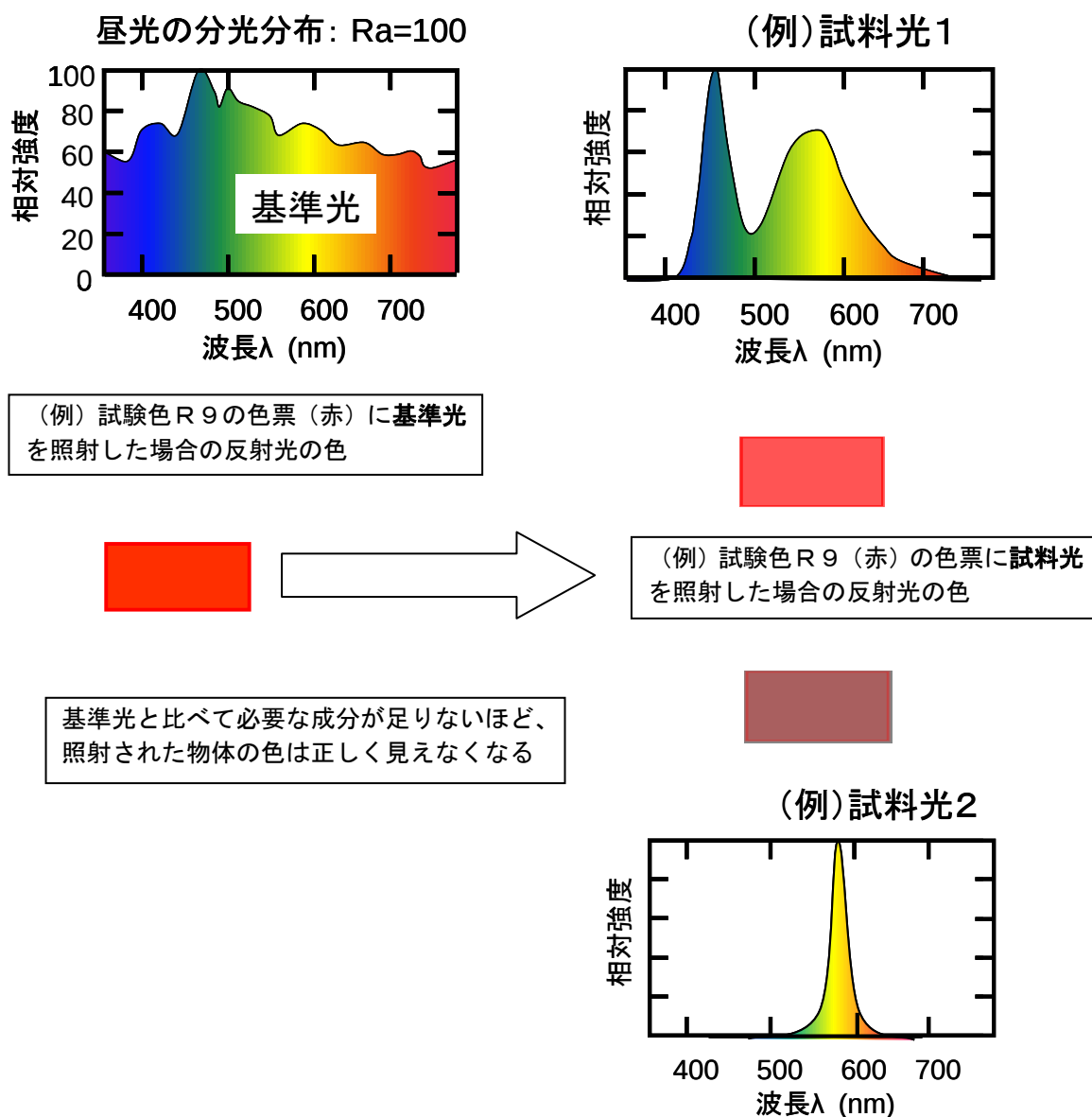


図4. 照明のスペクトル形状による色の違い

【照明基礎知識 3】 演色性と演色評価数

照明基礎知識 2 で述べたように、ある光で対象となる物体を照らしたとき、その物体がどのような色合いで見えるかということを示す特性を「演色性」といいます。

この演色性を客観的に示す指標として「演色評価数」があります。これは、試料光源で照らしたある物体の色合いが、太陽光に近いスペクトルを持つ規定の基準光源で照らした同じ物体の色合いと一致している程度を数値化したもので、完全に一致している場合は 100 となります。つまり演色評価数が大きいほど演色性が優れている、自然に近い色合いで照明できているということになります。

演色評価数の測定には、物体の様々な色合いを代表させた基準の色票（図 5）を用います。これらの試験色 No. 1 から No. 15 の各々について、基準の光で照らしたときと試料光源で照らしたときとの違いから、個々の演色評価数 R_i （ i は 1 ～ 15）を求めます。これらを特殊演色評価数といいますが、このうち $R_1 \sim R_8$ の平均値のことを平均演色評価数 R_a といい、通常は R_a で演色性を代表させます。（資料によっては、 $R_9 \sim R_{15}$ だけが特殊演色評価数であるかのような説明をしているものがありますが、これは間違いです）

演色評価数の具体的な計算方法については、JIS Z 8726「光源の演色評価方法」を参照ください。

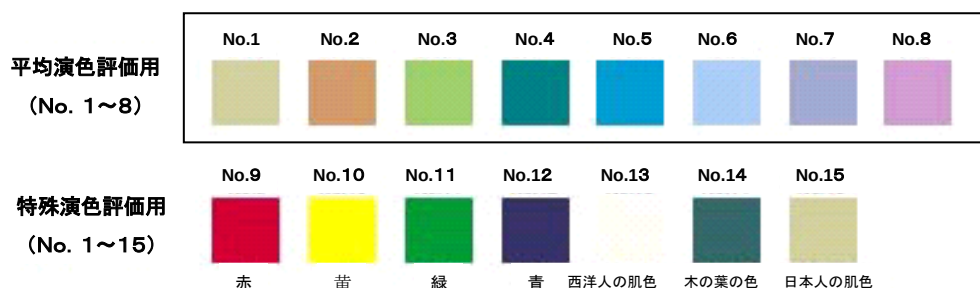


図 5. 演色評価の色票

では照明用 LED の演色性はどの程度の値なのでしょうか。青色 LED と黄色蛍光体を組み合わせた白色 LED（照明基礎知識 2 図 4 の試料光 1）では、蛍光体の種類にもよりますが、 R_a はほぼ 70 前後です。この値では通路の照明など色合いをあまり気にしない場合は問題ありませんが、食品やショーケース、美術品など高い演色性が求められる用途では、かなり不満が残ります。このため、赤色蛍光体を加えるなどの工夫により最近では R_a が 90 前後の高演色 LED が商品化されています。但し、演色性を高めるためには赤色など人間の目の視感度の悪い領域に光のエネルギーを振り向けることになりますから、その結果として光出力は低下します。つまり、一般に効率と演色性とは相反関係にあります。従って、効率を取るか演色性を取るか、用途に応じた LED 照明の使い分けが大切になってくるといえます。



【照明基礎知識 4】 照明用 L E D の構造

照明用 L E D の構造は大別すると次の 2 種類に分けられます。

① 砲弾型 L E D

リードフレームに設けたカップ内に L E D 素子を取付け、その回りをエポキシ樹脂などの透明な樹脂でモールドしたものです。正面光度を上げるためモールド樹脂の先端を凸レンズ状にした形状から砲弾型と呼ばれていますが、側面光が必要な用途では逆円錐型などが使用されます。

細い外部リードからしか放熱できないため大きな電力を加えることができず、照明用途よりも表示ランプや電飾、屋外ディスプレイなどに使われています。

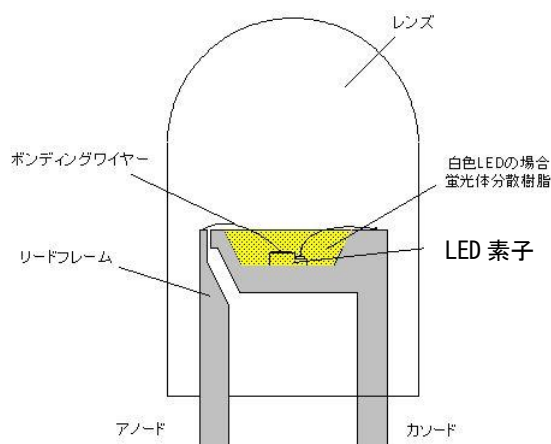


図 6. 砲弾型 L E D の構造

② 表面実装型 L E D

一般に高出力の照明用 L E D には、放熱に適した構造の表面実装型パッケージが用いられます。パッケージの材料には、樹脂やセラミック、金属などが用いられます。モールド樹脂には、大きな光出力と発熱に対応するため、耐光性、耐熱性を有するシリコン樹脂等が用いられます。

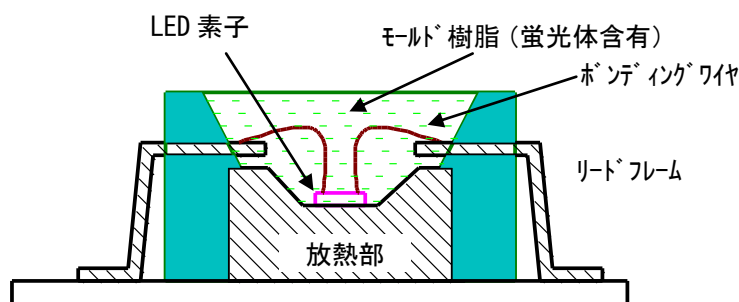


図 7. 表面実装型 L E D

【照明基礎知識 5】 白色 L E D の方式

① 青色 L E D 素子 + 黄色蛍光体による白色 L E D

この方式は青色光を発する青色 L E D 素子と、青色光を黄色光に変換する蛍光体を使用し、青色と黄色を合成して白色を作るもので、白色 L E D ではこの方式がもっとも一般的です。発光スペクトルは図 8 のように青色 L E D 素子の 460 nm 前後、蛍光体の 570 nm 前後の、2 つのピーク波長をもっています。また、演色性を改善するため黄色蛍光体に赤色蛍光体を加えた方式や、黄色蛍光体の代わりに緑色と赤色の蛍光体を使った方式も製品化されています。

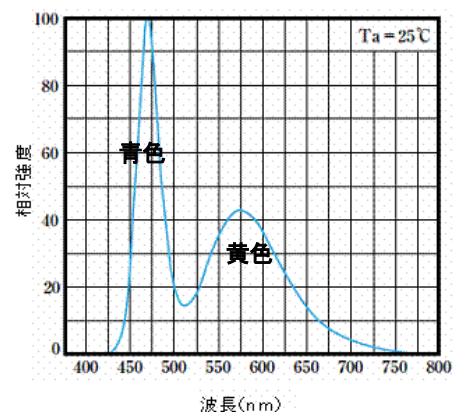
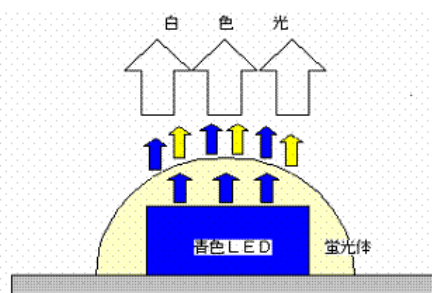


図8. 青色LED素子+黄色蛍光体による白色LEDの構造と発光スペクトル

②RGB-LED素子（赤色LED素子+緑色LED素子+青色LED素子）による白色LED

この方式は赤色、緑色、青色の三つのLED素子からの光を合成して白色を作る方式です。発光スペクトルは波長が630nm前後の赤色、530nm前後の緑色、460nm前後の青色の3つのピークをもっています。RGB各LED素子の発光スペクトルがシャープなため合成光のスペクトルの重なりが少なく中間色成分が不足します。このため演色性が良くありませんが、色調が自由に可変できるというメリットがあります。

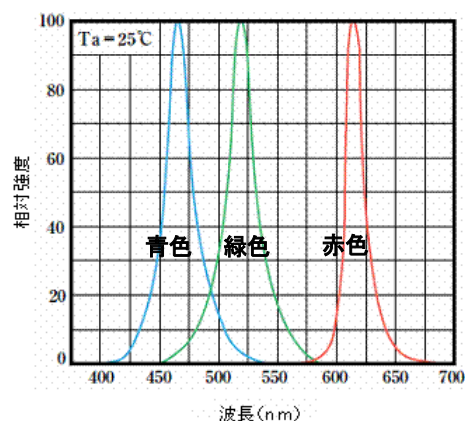
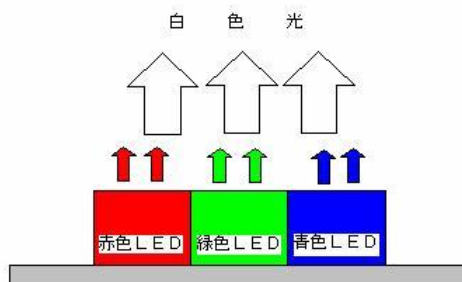


図9. RGB-LED素子による白色LEDの構造と発光スペクトル

③短波長LED素子+RGB蛍光体による白色LED

この方式は360～410nm近辺の短波長LED素子に青色、緑色、赤色のRGB三色の蛍光体を組合せた白色LEDです。蛍光体の発光スペクトルがブロードなため合成光のスペクトルの繋がりがよく演色性に優れています。但し、短波長光による有機部材の光劣化に配慮した設計が必要です。

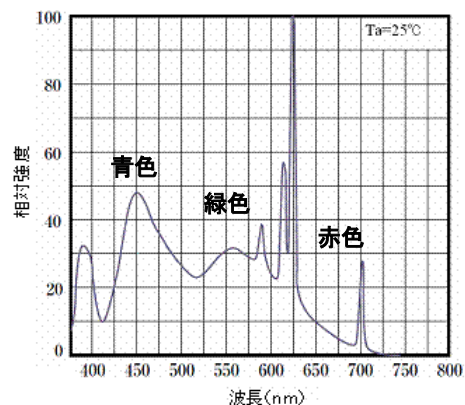
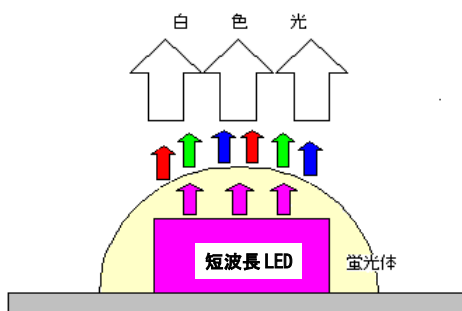


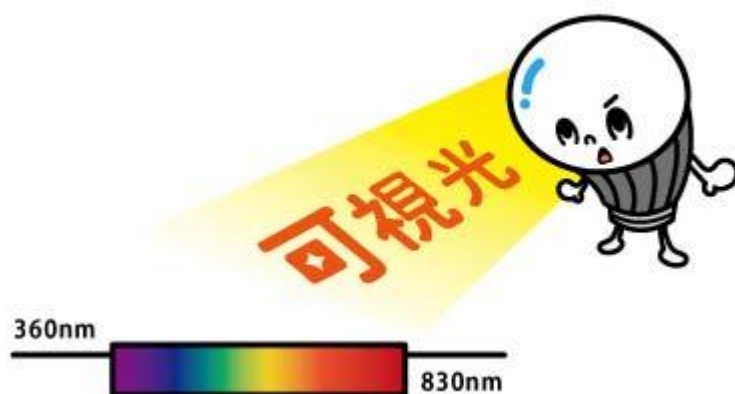
図10. 短波長LED素子+RGB蛍光体による白色LEDの構造と発光スペクトル

【照明基礎知識 6】可視光の波長の範囲は

従来、可視光の波長範囲は一般に380nm～780nmとされてきました。しかし、最近の国際標準（ISO／CIE）では360nm～830nmとなってきました。

我が国のJIS規格では、JIS Z 8782「CIE測色標準観測者の等色関数」が根本の規格となっています。このJIS規格の元となっている対応国際規格は、ISO 10527:1999 / CIE S 005:1998 ですが、この規格は既に改定され、ISO 11664-1:2007 / CIE S 014-1/E:2006 が新たに制定されており、これに従ってJIS規格の改定も現在実施されています。

JIS規格には、もうひとつJIS Z 8701「色の表示方法-XYZ表色系及びX₁₀Y₁₀Z₁₀表色系」がありますが、これに対応する国際規格は、ISO / CIE 10527:1991 で、上述の世代前の対応規格です。従ってJIS Z 8701は、まだ380nm～780nmとなっています。このため現在のJIS規格上では両方の表記が並存しており、一部混乱が見られます。



しかしながら、JIS C 8152 など新しく改定されるJIS規格においては、新しい波長範囲360nm～830nmで定義されつつあります。但し、それらのJIS規格の中でも、旧来の波長範囲380nm～780nmでも実用上問題ないことが記述されています。

以上の状況から、本稿では近年の国際規格並びにJIS規格の動向を踏まえ、可視光の波長範囲を360nm～830nmと記述することとしました。

【照明基礎知識 7】照明用LEDの光にはこんな特長もあります

紫外線が少ない

従来の蛍光灯や水銀ランプなどの照明が紫外線（波長360nm以下）を含むのに対してLEDは可視光線の範囲内なので、衣料品、絵画、本や新聞などの印刷物、美術品などで変色、退色が起こりにくいほか、ワインやお酒、食料品、真珠やシルク、革製品など、天然素材を使った商品の品質劣化が少ないのが特長です。そのため、図書館・資料館・博物館の書庫や閲覧室、デパート、スーパー、衣料品店、レストラン、食品工場などの照明に適しています。

また、虫が好む波長360nm付近の光も少ないので虫が集まりにくいという特長もあります。このため、虫の飛来が問題となる駅や公園など公共の場所の照明には有効な場合があります。但し、他に明かりがない場合はLED照明にも寄ってきますので、この点は気を付けなければなりません。

赤外線が少ない

LEDから出る光は従来の照明に比べて赤外放射がほとんどないため、生鮮食品や冷蔵ケース内の食品など温度を上げたくないものの照明に向いています。

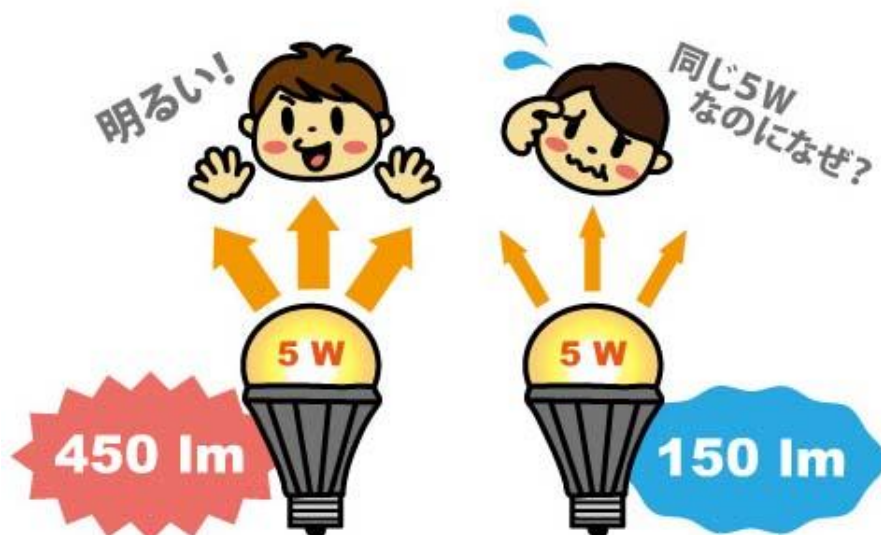
なお、冷蔵ケース内の照明には、これまで蛍光灯が多く使われてきました。蛍光灯は内部に封入されている水銀蒸気が放電のエネルギーによって紫外線発光し、その紫外線によって蛍光灯内部に塗布された蛍光体が励起するという過程を経て可視光を発光させています。ところが低温では水銀蒸気が蒸発しにくくなるために明るさ、効率が低下するという欠点があります。しかし、LEDは低温特性が優れているので、蛍光灯があまり得意としていなかった低温環境での照明にはより適していると言えます。

【照明基礎知識 8】LED照明の光出力は、ワットか？ ルーメンか？

今までの光源では、光出力を示す場合、例えば「60W（ワット）の電球」とか「40Wの蛍光灯」などと表現してきました。第1章2で述べたように本来光出力を表す単位は光束lm（ルーメン）ですが、ルーメンという単位は一般の消費者にはなじみが薄いことから、商品としての歴史が古い白熱電球のWを基準として「白熱電球何W相当」などと、慣例的に消費電力であるWが使われ、光束と併記されてきました。

ところがLED照明の場合は、まだ歴史が浅いこともあり、日進月歩で光出力と効率の改善が進んでいます。このため同じ5WのLED照明であっても、例えば一昔前の製品は光束が150[lm]しかないのに最新の製品では450[lm]もある、といったことが起こってきます。この場

合、全く同じ電力をつぎ込んでも、出てくる光は3倍も違うということになるわけで、これでは光出力を消費電力Wで表現するのは甚だ不都合だということになります。従って、LED照明の光出力を比較する場合は、消費電力Wではなく光束lmを基準にする必要があります。



【照明基礎知識 9】配光の違いにご注意！

LED照明では配光（光の広がり方）にも配慮が必要です。従来の白熱電球や蛍光灯では光源から出た光は上下左右の方向に広がりますが、LEDは前方からのみ光が放射される構造のため後方へ光が広がりにくい性質があります。このため、例えばシャンデリアなど、上にも横にも光が抜けるタイプの照明を白熱電球から電球形LEDランプへ替える時には天井側の照度に対する配慮が必要です。（照度は、光束が単位面積あたりにどれだけ届いているかを示す量で、単位はルクス [lx]）



また事務所の主要な照明である蛍光灯器具などは広い角度で光が広がるものが多いので、直下照度だけでなく事務所全体の照明計画に適合したLED照明器具の設置が必要です。

各メーカーの努力により最近ではLED照明の配光は、メーカーや種類によって様々なものが開発されていますので、用途に合った配光のものを選択下さい。

なお、電球形LEDランプの配光については、社団法人日本電球工業会のWebサイトで「電球形LEDランプの選び方・使い方」が公開されていますので参照されることをお勧めします。

【照明基礎知識 10】 L E D 照明の E M C （電磁両立性）

～入り（EMS）も出（EMI）も抑える～

事例 N o . 1 では静電気、また N o . 7 では落雷による L E D 照明器具の故障を取り上げました。いずれも器具の外部から大きなサージ電圧が混入して、L E D をはじめとする内部回路が劣化したり破壊したりすることが原因でした。器具が外部から印加されたサージなどにどこまで耐えられるかという特性を E M S （Electro Magnetic Susceptance : 電磁感受性）といいます。

また、L E D 照明器具では、これとは反対に L E D を含む電子回路が発生する電磁波や入力電流の歪みによって外部の装置に不具合を引き起こしてしまうことがあります。これを E M I （Electro Magnetic Interference : 電磁妨害）といいます。照明器具の電源回路に十分な不要輻射抑制対策をとっていないことや入力電流の歪みに配慮していないことが原因ですが、これが起こると近隣のテレビやラジオに受信障害を与え、大きな問題となる場合があります。

L E D 照明器具の E M S は、前述したように、静電気サージについては、EIAJ ED-4701/300 や JIS C 61000-4-2 で、また落雷によるサージについては、JIS C 61000-4-5 で評価試験が規定されています。

同様に、E M I については、JIS C 61000-3-2 や後で述べる P S E の特定電気用品の規定が評価規格として定められていますが、それ以外にも CISPR 15（国際無線委員会特別委員会の規格）や VCCI（V C C I 協会の規格）で規定されており、これに準拠した照明器具の設計を行うことが必要です。

この様に L E D 照明器具では、入りも出も不要な電気成分を抑える E M C （Electro Magnetic Compatibility : 電磁両立性）が重要になります。

	番号	区分	規格番号	名称	概要
E M S (電磁感受性、 イミュニティ)	①	静電気	EIAJ ED-4701/300	半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法（強度試験 I）	試験方法 304 人体モデル静電破壊試験（HBM/ESD）
			JIS C 61000-4-2	電磁両立性—第 4 部：試験及び測定技術—第 2 節：静電気イミュニティ試験	半導体デバイス、電気・電子装置の静電気に対する耐性試験方法
	②	無線妨害波入射	JIS C 61000-4-3	電磁両立性—第 4-3 部：試験及び測定技術—放射無線周波電磁界イミュニティ試験	外部機器からの無線周波数電磁波に曝された時の耐性の試験方法
	③	ファースト トランジェ ント／バース ト	JIS C 61000-4-4	電磁両立性—第 4-4 部：試験及び測定技術—電氣的ファーストトランジェント／バーストイミュニティ試験	電源ライン等から混入する、連続した立ち上りの早いサージに対する耐性の試験方法
	④	外来サージ	JIS C 61000-4-5	電磁両立性—第 4-5 部：試験及び測定技術—サージイミュニティ試験	半導体デバイス、電気・電子装置のスイッチング電圧、雷サージ電圧に対する耐性試験方法
E M I (電磁妨害、 エミッション)	⑤	高調波伝導	JIS C 61000-3-2	電磁両立性—第 3-2 部：限度値—高調波電流発生限度値（1 相当りの入力電流が 20 A 以下の機器）	商用電源系統に流入する高調波成分の限度値を規定
	⑥⑦	無線妨害波 伝導、無線 妨害波輻射	CISPR 15	電気照明及び類似機器の無線妨害波特性の許容値及び測定法 ※ 1)	国際無線障害特別委員会（CISPR）の規格。機器からの無線妨害波（放射及び伝導）に対して適用
			J55015		電安法省令第 2 項に基づく基準（J 基準）。CISPR 15 に対応
			VCCI	VCCI 協会「自主規制措置運用規程」の付則（技術基準）	本来は情報処理装置に対する VCCI 協会の自主規制規格。これを照明器具に流用

※ 1） J55015 は CISPR 15 と比べ 9kHz～150kHz の規定がない点があるので注意のこと

表 4. L E D 照明の E M C 関係規格

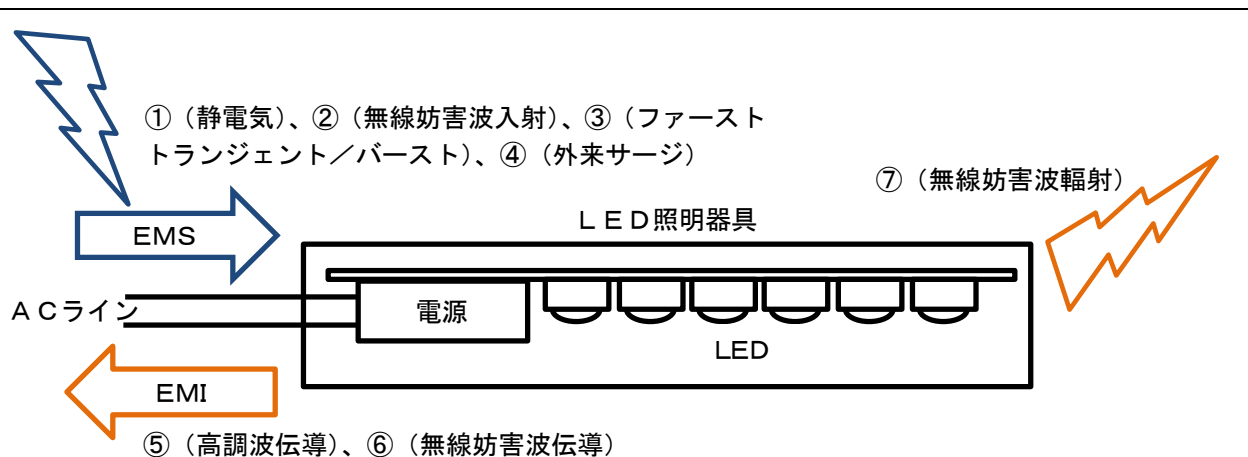


図 1 1. LED照明器具のEMC (電磁両立性)

【照明基礎知識 11】 J I S 規格と L E D 照明

J I S 規格 (日本工業規格) は、工業標準化法に基づいて制定された我が国の国家規格であり、L E D 照明もこれに沿った設計を行うことが大切です。J I S 規格は国際規格である I E C 規格との対応がとられており、例えば JIS C 8153 は IEC 62384 が元になっています。

現在 L E D が適用対象となっている J I S 規格はまだそれほど多くはありませんが、L E D 照明の普及が世界的に進む中で I E C 規格からの展開を含め、その件数は次第に増えてきています。本稿の「第 3 章 設計・施工の関係規格・法令リスト」の表で、L E D の欄に丸が付いているものが、現在 L E D が適用対象となっている規格です。

その内、照明用 L E D に関する重要な J I S 規格としては、JIS C 7550「ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性」、JIS C 8152「照明用白色発光ダイオード (L E D) の測光方法」、JIS C 8155「一般照明用 L E D モジュール-性能要求事項」、JIS C 8147-2-13「ランプ制御装置-第 2-1 3 部: L E D モジュール制御装置 (安全) の個別要求事項」、JIS C 8153「L E D モジュール用制御装置-性能要求事項」、JIS C 8154「一般照明用 L E D モジュール-安全仕様」などが挙げられます。

この他に、L E D 照明としては照明器具の規格も重要です。これらは表題に L E D と書かれていなくても L E D が適用対象となっているものがあるので気を付けなければなりません。その中で最も重要な規格は JIS C 8105-1「照明器具-第 1 部: 安全性要求事項通則」です。

この規格は、照明器具の安全性に関する電氣的、機械的及び熱的な一般的要求事項を規定したもので、照明器具の基本的な規格の一つです。例えば、G 1 3 口金の 4 0 形直管形 L E D ランプの質量について蛍光ランプに準じるとするならば 5 0 0 g 以下でなければなりません。それはこの規格の「4. 22 ランプの装着品」の項で、蛍光ランプについて指定されている値が根拠となっています。

なお、照明器具の性能規格である JIS C 8105-3「照明器具-第 3 部: 性能要求事項通則」が改訂され新たに L E D 照明が適用対象となりました。これにより L E D 照明器具も安全性と性能の基本的な規格が一通りそろったことになります。

この他、製品分野別の規格として、JIS C 8105-2-3「照明器具-第 2-3 部: 道路及び街路照明器具に関する安全性要求事項」があります。これも L E D が適用対象となっている規格です。

電球形 L E D ランプについては、JIS C 8156: 2011「一般照明用電球形 L E D ランプ (電源電圧 5 0 V 超) -安全仕様」に加え、JIS C 8157: 2011「一般照明用電球形 L E D ランプ (電源電圧 5 0 V 超) -性能要求事項」が制定され、これも基本的な規格がそろいました。また、JIS C 8105-3 の附属書であった照明器具の配光測定方法が独立し JIS C 8105-5: 2011「照明器具-第 5 部: 配光測定方法」として新設されました。これも L E D 照明が適用対象となっています。

この様に、J I S 規格は L E D 照明に整合させる方向で新設または改訂が精力的に進められており、適切な情報確認が大切となっています。J I S 規格は財団法人日本規格協会 (<http://www.jsa.or.jp/>) や日本工業標準調査会 (<http://www.jisc.go.jp/index.html>) の W e b サイトで検索して閲覧や購入ができますので必要な方はご利用ください。

【照明基礎知識 12】電気用品安全法とLED照明

電気用品の安全性などについて定めている法律に電気用品安全法（略して電安法、PSE法ともいいます。以下、PSEと呼ぶことにします）があります。

PSEで規定されている電気用品は、「特定電気用品」（菱形PSEマークで表示）と「特定電気用品以外の電気用品」（丸形PSEマークで表示、照明器具はこれに該当）があり、それ以外の電気用品は全てPSEの規制対象外となっています。

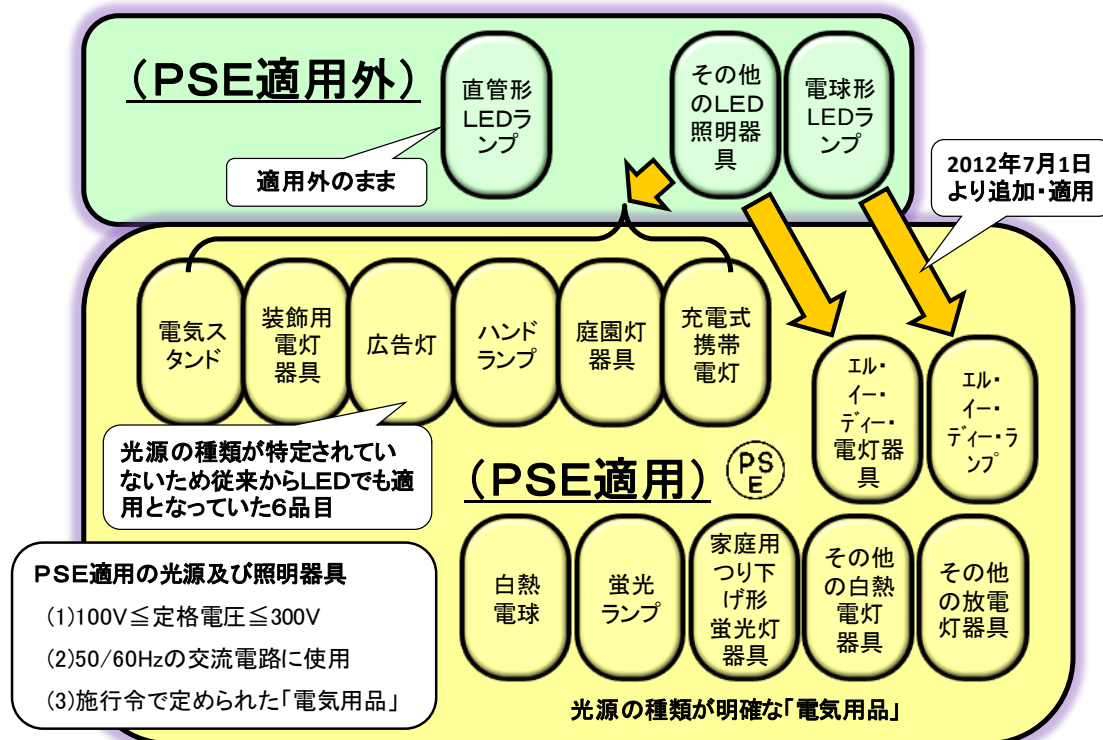


図12. 照明器具のPSE適用品目

PSEが適用される光源及び照明器具は、定格電圧が100V～300Vで、周波数が50Hz～60Hzの交流電路で使用され、施行令で定められたもの、と規定されています。

PSEでは、適用製品が満足しなければならない技術基準が決められており、省令第1項に基づくものと省令第2項に基づくものとがあります。前者は日本独自の技術基準で、後者は国際規格に整合させた技術基準ですが、事業者はそのどちらかを選択すればよいことになっています。事業者にはこれに基づく自主検査と検査記録の保存（3年間）が義務付けられており、このうち「特定電気用品」は、これに加えて登録検査機関による安全性やEMI（電磁妨害）の確認・認証が必要とされています。

今までLED照明は商品化された歴史が浅いこともあって、すでに市場で数多く使われている電球形LEDランプ（LED電球）や直管形LEDランプ（LED蛍光灯）を含め、そのほとんどがPSEの適用対象外となっていました。2012年7月1日から「エル・イー・ディー・ランプ」「エル・イー・ディー・電灯器具」としてPSEの適用対象になることが決まりました。関係する個別の技術基準も公開され、電球形LEDランプは「エル・イー・ディー・ランプ」として扱われることになりました。但し、直管形LEDランプはこれに該当する品目並びに技術基準が規定されていないので、依然として対象外のままとなっています。

なお、PSEの適用対象外の製品であっても、市場で使われて事故が起これば製造物責任法（PL法）などによって事業者の責任が問われますので、例えば前記の省令第1項であれば、照明器具が対象となる別表第八の技術基準に則って、感電防止、絶縁構造、沿面距離、配線処理、雑音抑制などの仕様を満足する設計を行っておく必要があります。

PSE適用製品や技術基準などに関する詳しい情報は、経済産業省の「電気用品安全法のページ」

<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/index.htm>

に掲載されていますので、ぜひこれをご覧ください。

■参考Webサイト一覧

※記載の内容は 2011 年 12 月 21 日現在のもの

- LED照明の各種情報は⇒ NPO法人 LED照明推進協議会 (JLEDS)
<http://www.led.or.jp/>
- 照明器具の点検・交換の目安は⇒ 社団法人 日本照明器具工業会 「照明器具のリニューアル」
<http://www.jlassn.or.jp/07renew/index.htm>
- 直管形LEDランプの評価結果及び装着時の注意点については⇒
 - ①社団法人 日本電球工業会 「LED照明の正しい普及促進のために－課題と対応－」中の
「資料－1 LED照明製品の評価 ～直管蛍光ランプ形LEDの調査結果概要～」
<http://www.jelma.or.jp/99news/led090615.html>
 - ②社団法人 日本照明器具工業会「直管蛍光ランプ形LEDランプなどの装着時、蛍光灯照明器具
改造での注意点」
http://www.jlassn.or.jp/04siryo/pdf/information/JLA2004_100715a.pdf
- JEL 801 規格の概要は⇒
社団法人 日本電球工業会「L形ピン口金 GX16t-5 口金付直管形LEDランプシステム (一般照明用)」
概要
http://www.jelma.or.jp/07kankyou/pdf/LED_Lkata_ChokkanLED.pdf
- 電球形LEDランプの配光などの特性は⇒
社団法人日本電球工業会 「電球形LEDランプの選び方・使い方」
http://www.jelma.or.jp/07kankyou/pdf/LED_denkyuLED.pdf
- JIS規格の閲覧・購入は⇒

閲覧	日本工業標準調査会	http://www.jisc.go.jp/index.html
購入	財団法人 日本規格協会	http://www.jsa.or.jp/
- EIAJ規格の閲覧・購入は⇒ 一般社団法人 電子情報技術産業協会
http://www.jeita.or.jp/japanese/public_standard/
- 電気用品と電気用品安全法の情報は⇒ 経済産業省 「電気用品安全法のページ」
<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/index.htm>
- 「道路照明施設設置基準・同解説」の購入は⇒ 社団法人 日本道路協会
<http://www.road.or.jp/index.html>
- 「電気通信施設設計要領・同解説 (電気編)」、「道路・トンネル照明器材仕様書」の購入は⇒
社団法人 建設電気技術協会
<http://www.kendenkyo.or.jp/>
- 施工者側でまとめた、LED照明器具の特徴、現状と問題点、関連法規・規格、施工上の留意点等⇒
一般社団法人 日本電設工業会 「LED照明器具に関する課題と施工標準化の検討報告」
http://www.jeca.or.jp/jigyo/files/H23_LEDstd.pdf

■ 索 引

【英字】

ACアダプタ	19
ACライン	16
AlGaInP	6, 7
EMC	39
EMI	37, 39
EMS	37
GaAs	7
IEC規格	38
InGaN	5, 6, 7, 17
IPコード	10, 27
JIS規格	29, 35, 38, 40
LEDモジュール	10, 11, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 38
PL法	39
PSE	19, 37, 39
RGB-LED	34

【あ行】

アレスタ	16
インバータ型	19
エポキシ樹脂	33
演色性	24, 32, 33, 34
演色評価数	19, 24, 29, 32
黄色LED	31

【か行】

化合物半導体	6, 7
可視光	6, 7, 29, 35
機関認証	19
技術基準	19, 25, 27, 28, 37, 39
グレア	5
グロースタータ型	19
蛍光体	5, 6, 7, 21, 22, 32, 33, 34, 35
蛍光ランプ	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 19, 35, 36, 38, 40
光束維持寿命	4

【さ行】

サージ	4, 9, 16, 27, 37
三原色	6
紫外放射	6
色票	31, 32
照度	24, 28, 36
照明率	5
シリコーン樹脂	6, 33
水銀	4, 7, 35
水銀ランプ	4, 35
スペクトル	30, 31, 32, 33, 33
青色LED	6, 21, 22, 32, 33, 34
静電気	4, 9, 27, 37
赤外放射	6, 7, 35
赤色LED	34
素子	4, 5, 6, 9, 11, 13, 16, 17, 21, 33, 34

【た行】	
耐雷トランス	16
帯電防止	9
断熱材	4
短波長LED	34
昼光	31
調光器	18
直撃雷	16
直管形LEDランプ	19, 25, 38, 39, 40
電球形LEDランプ	18, 20, 25, 30, 36, 38, 39, 40
点光源	5
透光カバー	5, 6
特殊演色評価数	32
特定電気用品	19, 37, 39
【な行】	
熱伝導	5, 11
【は行】	
パイロットランプ付きスイッチ	17
白色LED	5, 6, 7, 21, 22, 31, 32, 33, 34
白熱電球	3, 4, 5, 6, 7, 18, 20, 36
波長分布	30
パッケージ	4, 5, 33
発光効率	4, 5, 6, 17
発光波長	7
バリスタ	16
ヒートシンク	4
ヒューズ	16
表面実装	6, 26, 33
フィラメント	4
封止材	4
不点灯寿命	4
ブレーカ	16
平均演色評価数	19, 32
放射角	6
砲弾型LED	33
保守率	5
ボンディングワイヤ	4, 6
【ま行】	
モールド	6, 33
【や行】	
誘導雷	16
【ら行】	
落雷	16, 37
ラピッドスタータ型	19
リードフレーム	33
ルーメン	4, 36
ルクス	36

[カット：メイボランチ]

＜本件に関するお問い合わせ先＞

特定非営利活動法人 LED照明推進協議会

〒105-0003

東京都港区西新橋1-5-11 第11東洋海事ビル6階

Phone : 03-3592-1382

FAX : 03-3592-1285

E-Mail : info@led.or.jp

URL : <http://www.led.or.jp/>

本書の内容の無断転載を禁じます

Copyright (C) 2012 JLEDS All Rights Reserved.